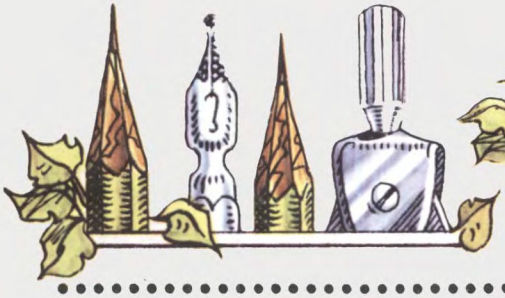
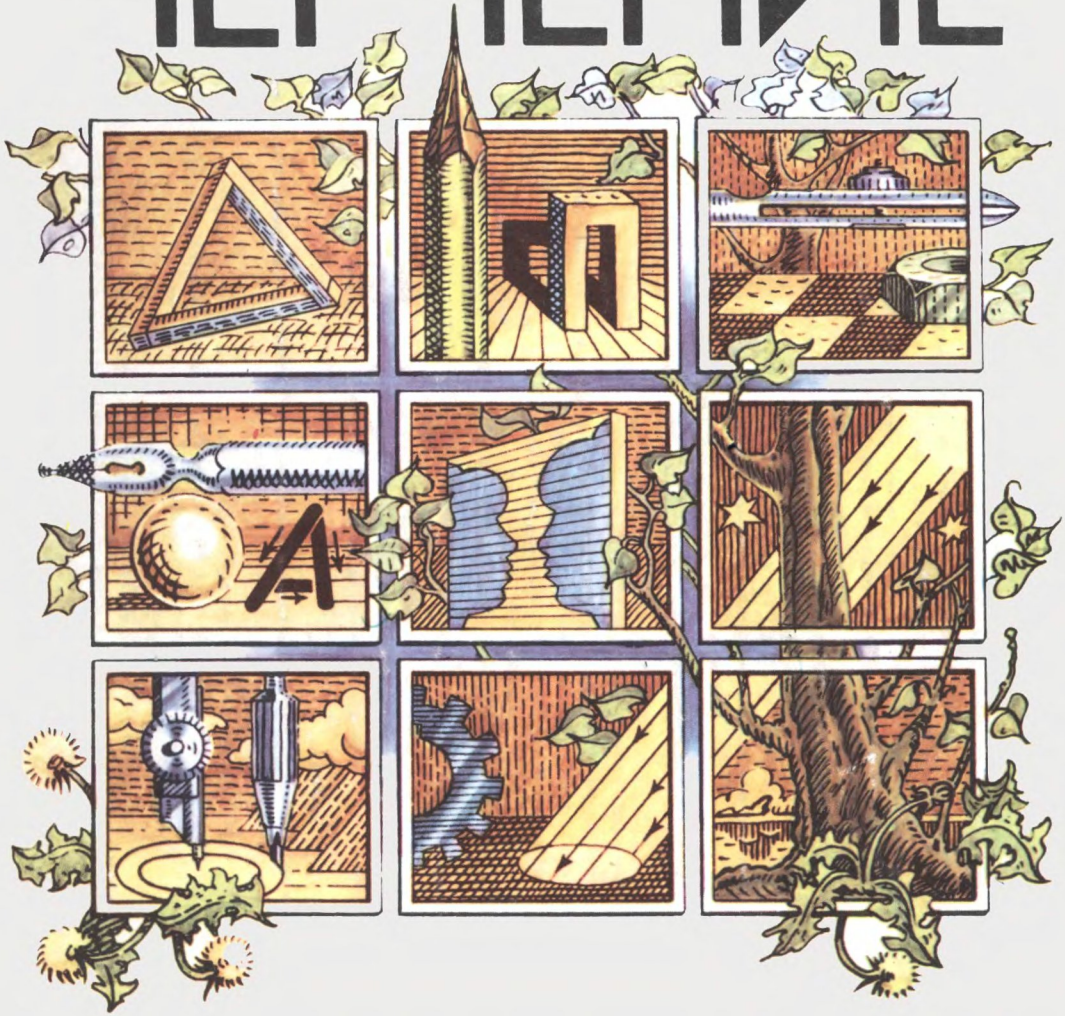
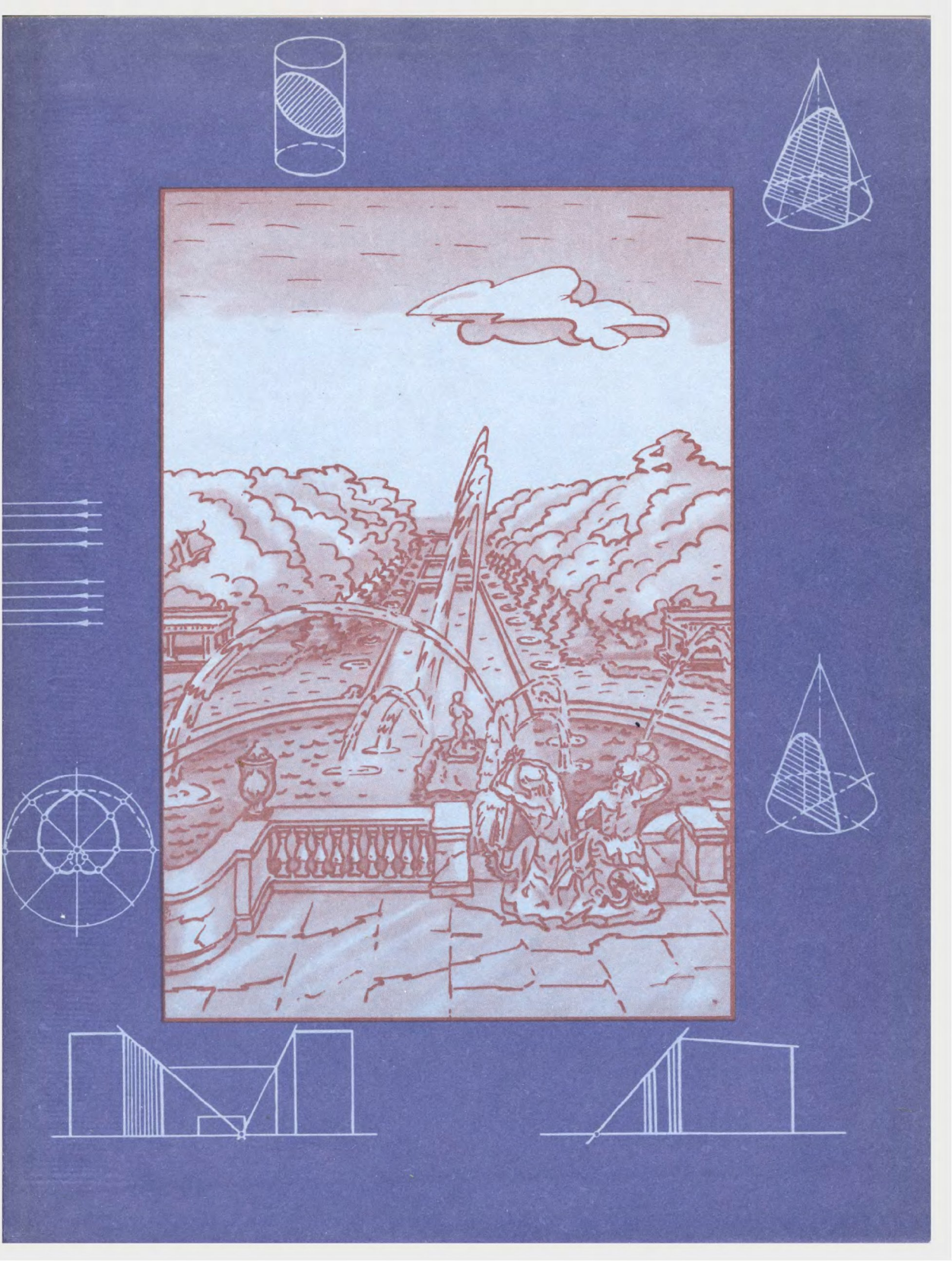


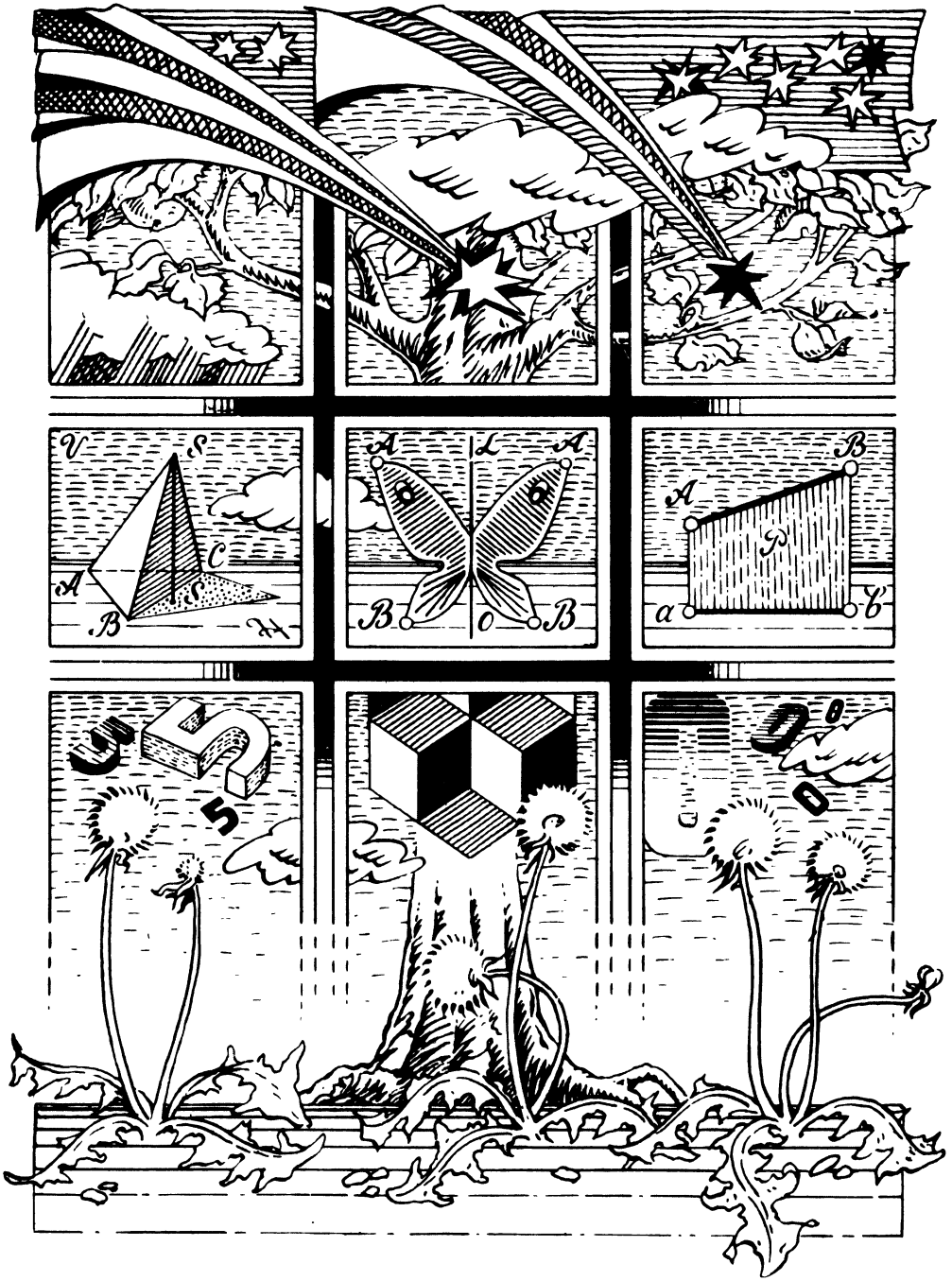
И. А. Воротников

ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ





И.А.Воротников • ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

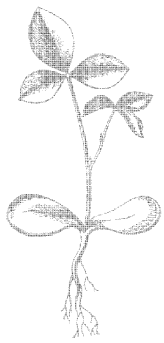

V
S
C
A
B
A
L
A
B
O
B
A
B
P
a
b

И. А. Воротников

ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

КНИГА ДЛЯ УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

**4-е издание,
переработанное и дополненное**



1*

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1990

Scan AAW

ББК 30.11я72
В75

Рецензенты: учитель школы № 329 Москвы В. С. Грубман, доцент кафедры общетехнических дисциплин Кировского государственного пединститута им. В. И. Ленина С. А. Смирнов

Воротников И. А.

В75 Занимательное черчение: Кн. для учащихся сред. шк.—4-е изд., перераб. и доп.— М.: Просвещение, 1990.—223 с.: ил.— ISBN 5-09-001447-7

Основу книги составляют оригинальные вопросы и задачи, для решения которых требуется конструкторская смекалка и знание законов черчения. В занимательной форме приводятся необходимые теоретические сведения, дается материал, расширяющий кругозор школьника.

В $\frac{4306020000-439}{103(03)-89}$ инф. письмо -90 **ББК 30.11я72**

ISBN 5-09-001447-7

© Воротников И. А., с изменениями, 1990

О ЧЕМ ГОВОРИТСЯ В КНИГЕ

Древние греки словом «техника» (технэ) называли мастерство, умение людей. Позже его стали относить и к орудиям труда, созданным умельцами.

Машиностроение, электротехника, радиоэлектроника, приборостроение, химия, нефтяная и газовая промышленность — всё это отрасли современной техники.

Чтобы овладеть техникой и творчески участвовать в ее развитии, стать квалифицированным рабочим, производственным мастером, инженером, надо уметь точно и ясно излагать мысли с помощью чертежа и по его плоским фигурам, знакам и цифрам представлять пространственный объект.

Чертежи нужны не только в технике. В наше время они постоянные спутники человека любой профессии.

Что же представляют собой чертежи, схемы, эскизы и вообще графические изображения? По каким законам их строят, как читают? Почему предмет, который предстоит изобразить, устроен именно так, а не иначе? Что если изменить его конфигурацию? Каковы некоторые общие правила конструирования предметов?

С этими и многими другими вопросами вы познакомитесь в книге. Ее цель — помочь вам закрепить знания и умения, полученные на уроках черчения, больше узнать о графических изображениях, глубже изучить их.

Основу книги составляют около трехсот задач и примеров. Часть из них оригинальные, а часть заимствована из книг А. И. Иерусолимского, А. И. Островского, С. М. Куликова, С. В. Розова, Р. Л. Грегори и др.

Познакомьтесь с некоторыми из задач — они сразу введут вас в круг проблем данной дисциплины. (Задачи, помеченные звездочкой, даны в качестве примера и тематически относятся к разным разделам книги, где вместо текста задач приведены ссылки на них.)

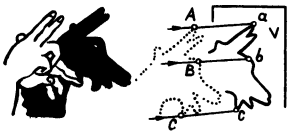


Рис. 1

1*. Изображение предметов на чертеже выполняют по правилам проецирования, примером которого является известная детская забава с тенями. Пальцы рук при освещении пучком световых лучей отбрасывают на стену тень, похожую на тень головы собаки, гуся, зайца или козы (рис. 1). Каждой точке *A, B, C* . . . контурной линии на пальцах рук соответствует одна и только одна точка *a, в, c* . . . границы падающей тени. Смените контур, отнесите лампу в сторону, наклоните плоскость — изменится и тень.

Можно ли сохранить данную тень не складывая руки, а располагая их на некотором расстоянии друг от друга?

Каким путем получается тень, равная натуре; как увеличить тень; как деформировать — сжать, вытянуть ее, не теряя облика «животного»?

В черчении условились говорить: точка *A* — оригинал; точка *a* — . . .; луч *Aa* — . . . ; плоскость *V* — . . . . Знаете ли вы, какие слова должны быть вместо точек?

(См. пояснение в главе «Смешные тени и их серьезные родственники»)

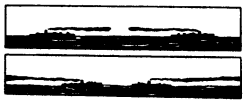


Рис. 2

2*. Куда дует ветер на представленных здесь пейзажах (рис. 2)? Подумайте. А когда догадаетесь, скажите, как изобразились бы те же дымовые шлейфы труб кораблей по правилам черчения, а не рисования.

Указание: рисунки лучше рассмотреть на расстоянии вытянутой руки, воображая, что корабли очень удалены от наблюдателя.

(См. ответ к задаче 30)

3*. На рисунке 3 вы видите световое пятно от окна на полу классной комнаты: а) прямоугольник, б) квадрат, в) трапеция, г) ромб, д) параллелограмм.

Когда какая фигура получается?

Если вы затрудняетесь ответить на вопрос, сделайте из бумаги небольшую модель (рис. 3, *е*) и, поднося ее по-разному к источнику света, внимательно изучите свой-

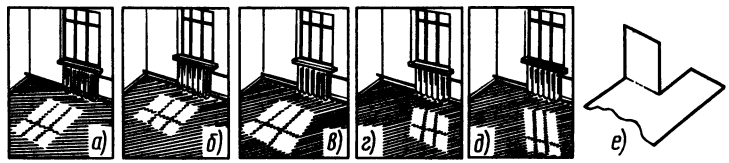


Рис. 3

ства отбрасываемой тени — это поможет сформулировать правильный ответ.

(См. ответ к задаче 26)

4*. Стоявшие возле дома бочки и ящики убрали вскоре после дождя. На земле остались следы различной формы (рис. 4).

Сколько бочек и ящиков стояло около дома? А может быть, там были только бочки?

(См. ответ к задаче 19)

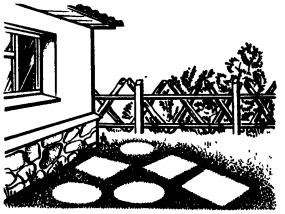


Рис. 4

5*. Эти предметы очень хорошо вам знакомы, но на чертеже выглядят непривычно (рис. 5).

Какие это предметы?

(Карандаш, вилка, ложка)

Рис. 5

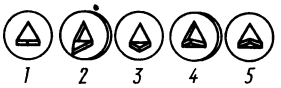


Рис. 6

6*. На рисунке 6 приведены примеры проецирования предмета на одну плоскость проекций. Где рисунки, а где чертежи канцелярской кнопки?

Один из ответов, приведенных ниже, правильный, вам нужно только определить, какой именно:

чертеж —1; рисунки —2, 3, 4 и 5;

чертежи —1, 3 и 5; рисунки —2 и 4;

чертежи —2 и 4; рисунки —1, 3 и 5.

(См. ответ к задаче 131)

7*. Желая лучше изучить свою внешность, человек пользуется трехстворчатым зеркалом, на котором фигура предстает в различных положениях (рис. 7, *а*). Проецируя предмет на три плоскости проекций, мы прибегаем, в сущности, к тому же приему (рис. 7, *б*).

Теперь на минутку представьте себе, что оригиналы на рисунках 7, *а* и *б* исчезли, а их отображения на плоскостях остались. Мысленно развернув плоскости в одну, получим портреты *1, 2, 3* и силуэты *4, 5, 6*.

На своих ли местах оказались портреты?

Как следовало бы разместить силуэты?

Сделайте простенькие модели плоскостей из полосок бумаги и попытайтесь подрисовать на плоскости фигурки. Допущенные ошибки выявятся тут же.

(См. пояснение в главе «Чертеж и рисунок»)

8*. Что, по-вашему, означает каждый из этих знаков (рис. 8)? Попытайтесь разгадать сами, прежде чем обратитесь к их расшифровке.

(См. рис. 85)

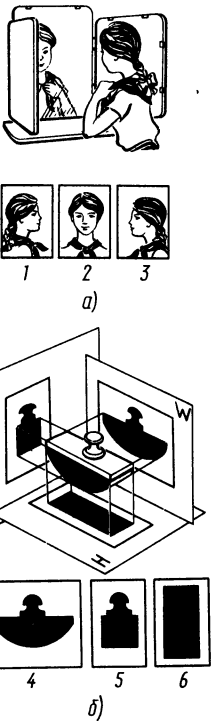


Рис. 7

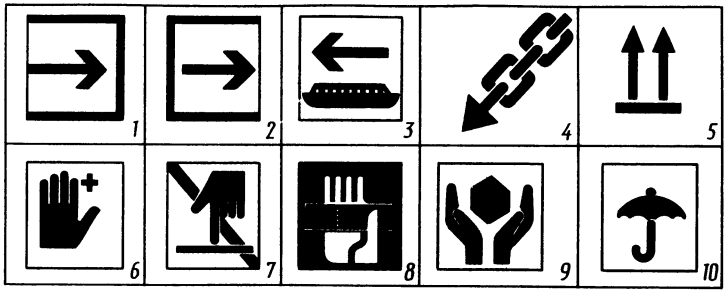


Рис. 8

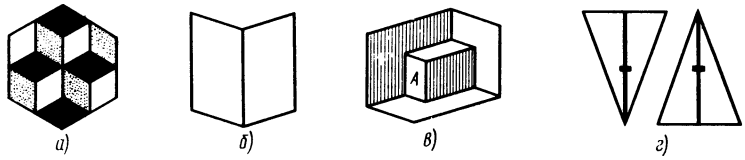


Рис. 9

9*. Хотя в большинстве случаев зрение дает нам правильное представление об окружающем мире, бывают случаи, когда зрительные впечатления ошибочны (рис. 9):

а) Сколько кубиков сверху и сколько снизу?

б) Как развернута книга: корешком к нам или от нас?

в) Что перед вами, параллелепипед с вырезом или три плоскости проекций с помещенным в них предметом?

г) Что больше: верхняя или нижняя части разделенной высоты в треугольнике? Возьмите линейку, циркуль и проверьте себя, правы ли вы.

(См. пояснение в главе «Оптические иллюзии»)

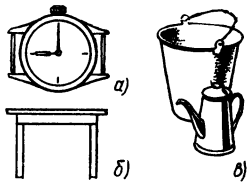


Рис. 10

10*. При чтении чертежей вы обязательно достигнете той ступени, когда будет необходимо давать конструктивную оценку рассматриваемого предмета (рис. 10):

а) Нанесите на циферблате часов цифры 3, 6, 9 и 12. Как они должны быть расположены по отношению к заводной головке часов?

б) Какая у стола крышка: круглая или квадратная?

в) Почему коническое ведро делают бóльшим основанием вверх, а конический кофейник или кувшин, наоборот, вниз?

(См. ответ к задачам 39, 57)

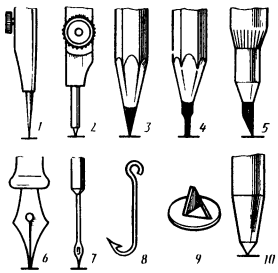


Рис. 11

11*. Геометрическая точка — пересечение двух линий. Реальную точку можно узнавать, отличать, характеризовать благодаря некоторым подробностям устройства самого предмета, которому она принадлежит.

Отличите острия *1*...*10*. Опишите их (рис. 11).

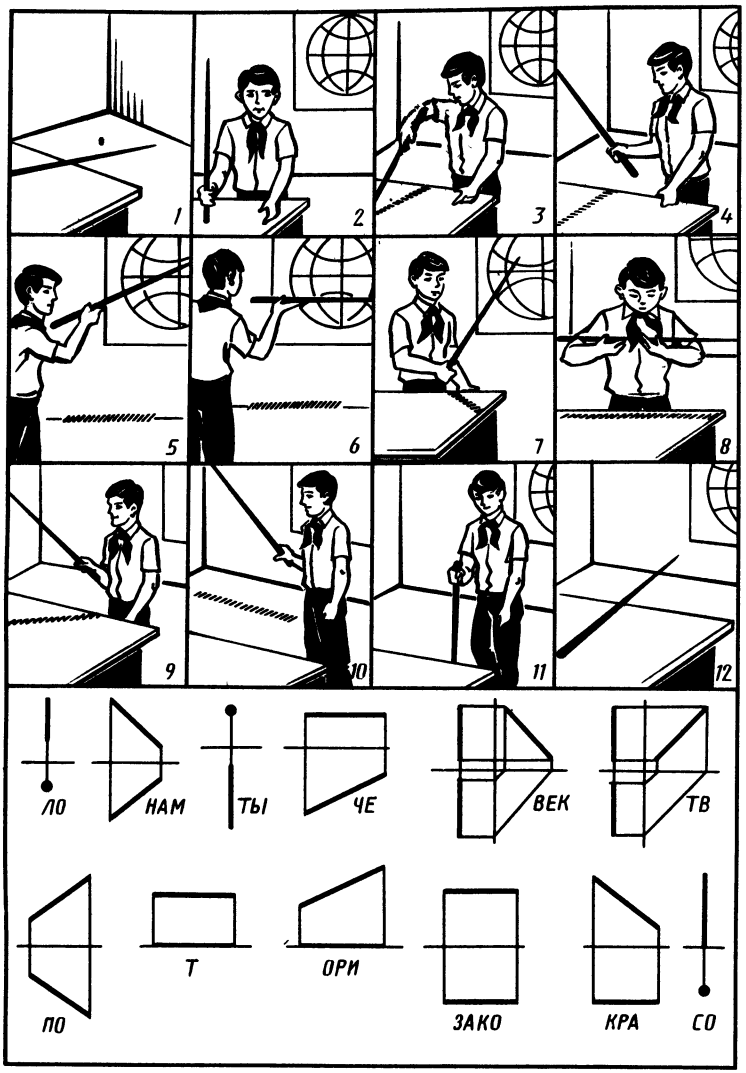


Рис. 12

12*. Указка на парте и в руке ученика занимает различные положения относительно стены (плоскость V) и пола (плоскость H) классной комнаты (рис. 12).

Беря по порядку положение указки на рисунках *1. . .12* и отыскивая соответствующие им чертежи (эпюры), прочтите полезное изречение.

Указание: положению *1* указки соответствует чертеж с буквами «ЧЕ».

(Человек творит по законам красоты)

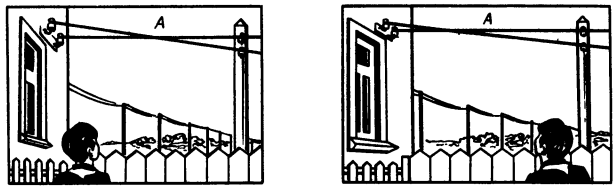


Рис. 13

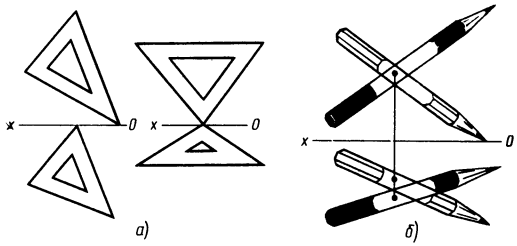


Рис. 14

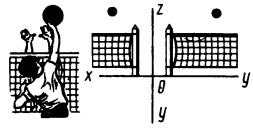


Рис. 15

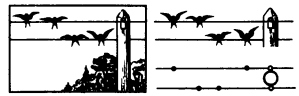


Рис. 16

13*. В черчении нужно не только знать правила проецирования, но и уметь логически рассуждать. Простой пример: пересекаются ли эти телефонные провода (рис. 13)?

Докажите, что пересечение проводов здесь кажущееся — они скрещиваются в пространстве. Начните от противного со слов: «Если бы провода пересекались в действительности...»

(См. пояснение в главе «Пересекаются ли провода»)

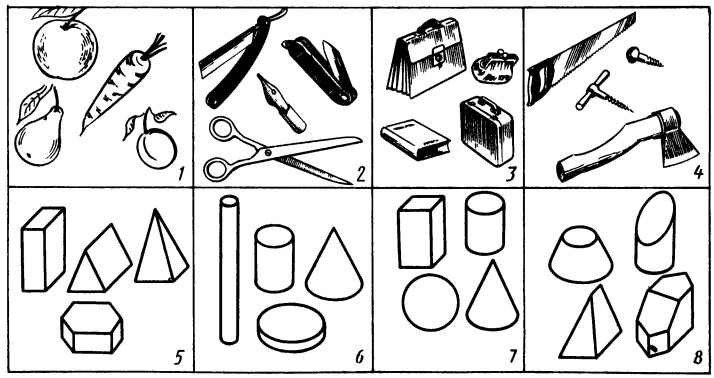


Рис. 17

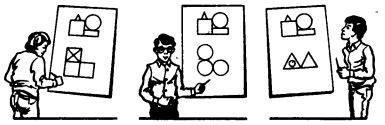


Рис. 18

14*. Данное задание на выяснение условий видимости элементов предмета на чертеже (рис. 14):

а) Какой угольник проецируется на плоскости V и H одной стороной, а какой — разными?

б) Черный карандаш закрывает белый или, наоборот, белый карандаш закрывает черный? Скопируйте чертеж на кальку и закончите его построение.

(См. ответ к задаче 189)

15*. По какую сторону сетки находится мяч (рис. 15)? А может быть, он точно над сеткой?

Сколько ни всматривайтесь в рисунок, этого вопроса вы не разрешите.

Где же все-таки находится мяч? Попробуйте выяснить это с помощью чертежа.

(См. ответ к задаче 190)

16*. Были сфотографированы четыре птицы. На фотографии кажется, что все они в данный момент сидят на проводах. Взгляните на изображение справа и скажите, так ли это (рис. 16).

(См. ответ к задаче 102)

17*. Найдите на каждом рисунке четвертый лишний предмет (рис. 17).

Это задание на обобщение. Здесь надо догадаться, на каком основании или по какому признаку следует выделить лишний предмет.

(См. ответ к задаче 217)

18*. Фронтальные проекции художникам были заданы, горизонтальные они определили сами. Какие геометрические тела нарисовал в своем воображении каждый художник (рис. 18)?

(См. ответ к задаче 130)

19*. Чертеж на доске незакончен. Но и в таком виде можно уверенно сказать, каких линий недостает на нем и о каком предмете идет здесь речь (рис. 19).

Нарисуйте этот предмет.

(См. ответ к задаче 195)

20*. Учитель начертил на доске две проекции детали (рис. 20). Некоторые невнимательные ученики изобразили у себя в тетради эти проекции так, как показано на рисунке (справа).

Большую ли ошибку совершили ученики? Нарисуйте детали по проекциям учителя и учеников.

(См. ответ к задаче 167)

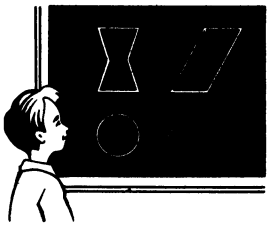


Рис. 19

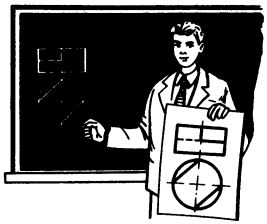


Рис. 20

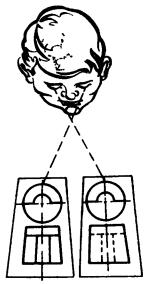


Рис. 21

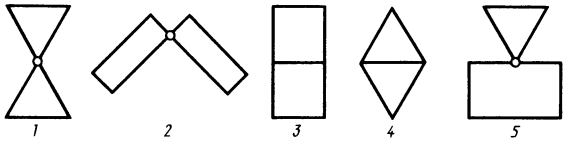


Рис. 22

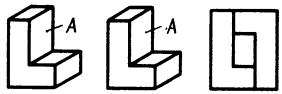


Рис. 23

21*. Если ученик мыслит правильно, то какой чертеж он читает сейчас: тот, что у него справа, или тот, что слева (рис. 21)?

Сравните образ, который представил себе ученик, с чертежом и дайте ответ.

(См. ответ к задаче 168)

22*. При создании роботов-грузчиков нужен анализ пар элементов стыковки плоских фигур (рис. 22): *1—2* «точка — точка»; *3—4* «прямая — прямая»; *5* — «точка — прямая» и т. п. Теперь представьте себе, что перед вами не плоские, а пространственные фигуры.

Какие пары элементов стыковки будут на тех же рисунках теперь?

Назовите геометрические тела пар. Ими могут быть как многогранники, так и круглые тела (тела вращения).

(См. ответ к задаче 218, *а*)

23*. Составьте из двух фигур *A* новую фигуру так, чтобы в одном случае получился брусок с одним вырезом, в другом — с двумя вырезами, в третьем — с отверстием, в четвертом — сплошной.

На рисунке 23 справа схематично показана фигура с отверстием.

Начертите изображение каждой составной фигуры.

(См. ответ к задаче 218, *б*)

24*. Дана занимательная задача-головоломка. Головоломка, потому, что наиболее характерная проекция в ней не показана. При кажущейся простоте условий решение задачи требует сообразительности.

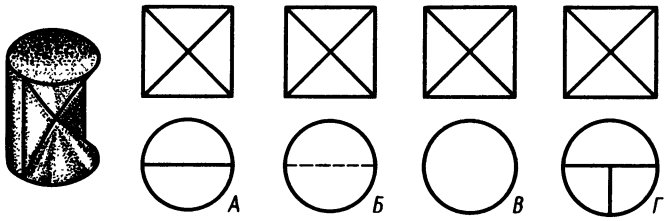


Рис. 24

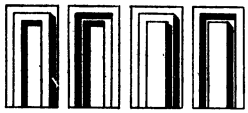


Рис. 25

Вам надо выяснить (рис. 24):

Какому чертежу *А, Б, В* или *Г* соответствует рисунок слева?

Какие предметы изображены на остальных чертежах? Выполните их наглядные изображения. Наиболее трудным для понимания будет чертеж *В*.

(См. ответ к задаче 169)

25*. На рисунке даны четыре одинаковые проекции элементов здания (рис. 25). Однако посмотрите на тени — они разные.

Постройте поперечное сечение для каждого из этих элементов.

(См. ответ к задаче 225)

26*. По одной заданной проекции каждой детали и форме ее поперечного сечения постройте аксонометрическое изображение (рис. 26).

(См. ответ к задаче 232)

27*. Закончите оформление чертежа патрубка (рис. 27): нанесите буквенные обозначения разрезов и местного вида. Выполните технический рисунок патрубка.

(См. ответ к задаче 233)

28*. В технике встречаются «пальцы», «кулачки», «глухари» и т. п. Укажите в нижнем ряду (рис. 28), где находятся: «собачка», «подушка», «хомут», «колено» и «косынка».

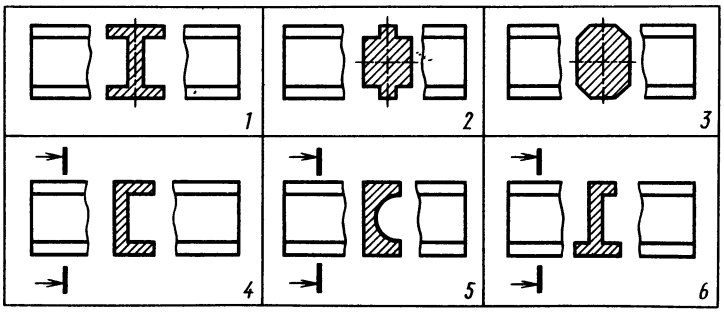


Рис. 26

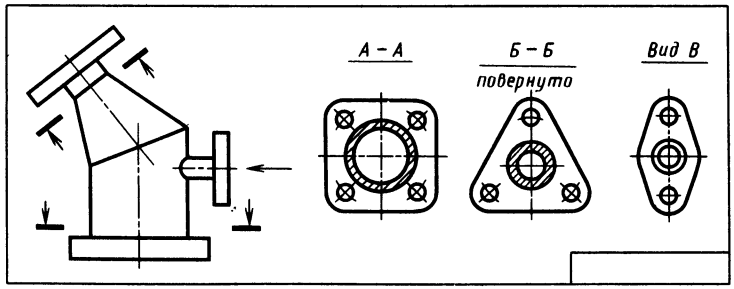


Рис. 27

Случайно ли многим техническим предметам дают бытовые названия?

(См. пояснение в главе «Занимательная терминология»)

29*. Подумайте, как скрепляются металлические полоски (рис. 29) в каждом случае.

Хорошо, если бы вы начертили разрезы, показав соединения пластин по всем правилам черчения.

(См. ответ к задаче 280)

30*. На рисунке 30 даны проекции головок винтов. Скажите, какая из этих головок имеет цилиндрическую, коническую и шаровую форму. Наглядное изображение одной из них (справа) поможет решить задачу.

(См. ответ к задаче 213)

31*. Изображены части авторучек (рис. 31). Форма их менялась вместе с изменением наших представлений о красивом. Какой колпачок авторучки какому перу больше

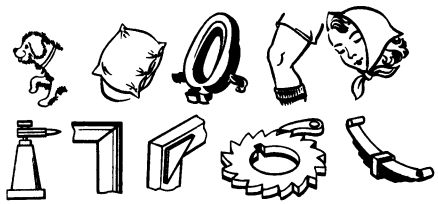


Рис. 28

Рис. 29

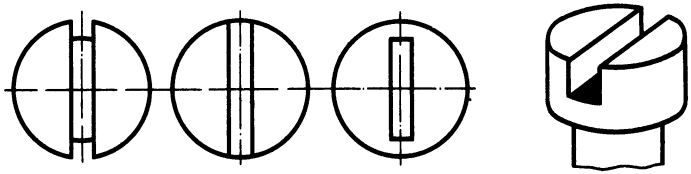


Рис. 30

соответствует? Снимите на кальку перья и приставьте их поочередно к колпачкам. Как уживаются разные стили?

Подмечали ли вы ранее в окружающих предметах стилевую гармонию? Какой предмет показался вам в этом отношении неудачным? А какой удачным?

(Ответ: *А —2, Б —3, В —1*)

32*. Отыщите переднюю и заднюю стороны каждой из десяти легковых автомашин различных марок (рис. 32). Ясно, что решить задачу без анализа стиля конструкций невозможно.

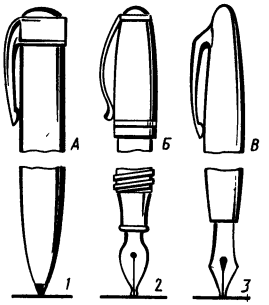


Рис. 31

33*. Какую бы техническую задачу ни решал изобретатель — простую или сложную, во всех случаях он преобразовывает одну фигуру в другую по определенному правилу:

добавляет новый элемент;

изменяет число известных элементов;

изменяет форму элемента;

изменяет взаимное положение элементов;

изменяет соотношение размеров элемента.

Считая исходной фигурой табурет, скажите, по какому из названных правил преобразования фигур получены скамейка, складной стул, регулируемый стул (рис. 33)? Какие новые качества при этом каждый предмет получает?

34*. Подвергнем легкому испытанию вашу конструкторскую смекалку (рис. 34):

а) Нужно передать вращение с одного вала на другой. Как это сделать, не применяя дополнительных деталей?

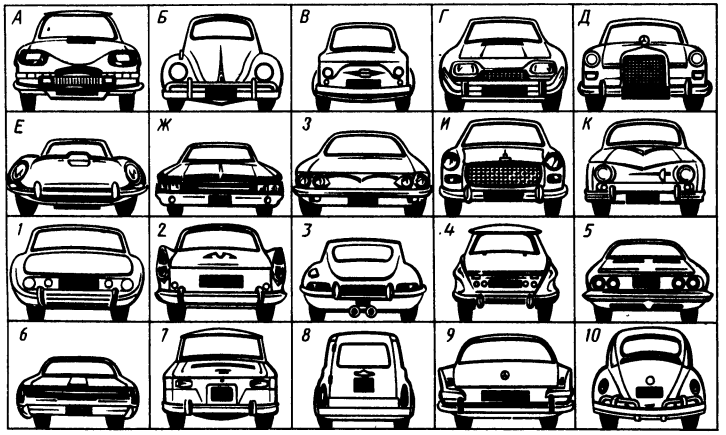


Рис. 32

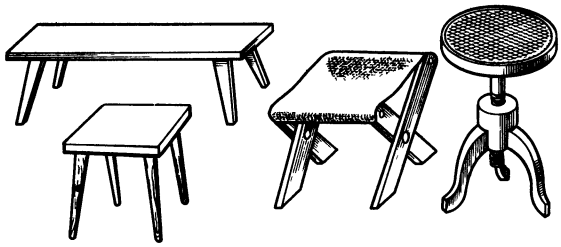


Рис. 33

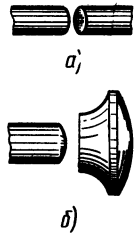


Рис. 34

б) Надо насадить головку на валик таким образом, чтобы она свободно вращалась, но не спадала с валика.

У к а з а н и е: при решении задач можно незначительно изменять форму деталей, а при необходимости пользоваться дополнительными деталями.

35*. Добавление к судну нового элемента (крыльев) дает качественно новый объект техники с повышенной скоростью движения — судно на подводных крыльях; а если трактор снабдить отвалом, он превращается в строительную машину — бульдозер. Перечертите представленные проекции к себе в тетрадь и закончите их построение с заданным новым элементом — полукольцом (слева) и ребром с отверстием (рис. 35).

●

К заданиям, которые окажутся трудными, можно будет возвратиться позже, когда вы узнаете больше о предмете со страниц книги и из школьного курса.

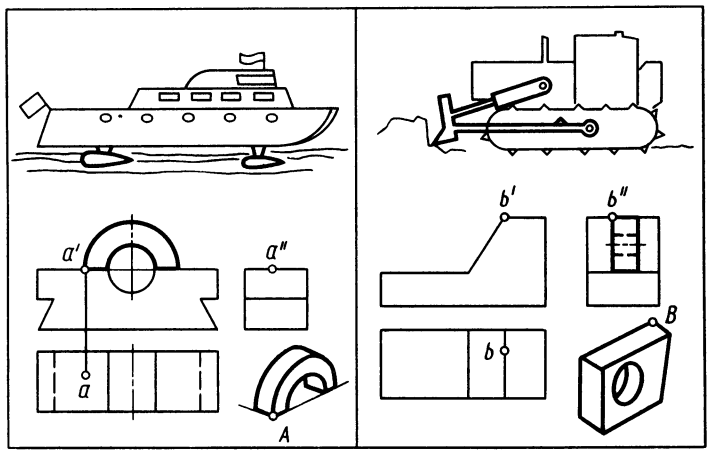
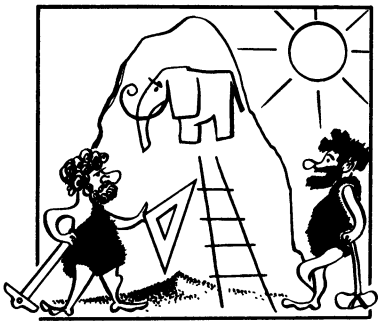


Рис. 35



ЧЕРНЫМ ПО БЕЛОМУ

Мы в большой светлой комнате, уставленной чертежными досками. Возле каждой доски — письменный стол. Стоя у доски или склонившись над столом, трудятся инженеры и техники. Это — конструкторское бюро.

Проектировщик на листе проводит линию. Это граница, вдоль которой выстроятся новые дома. Наконец улица заняла свое место на плане. Она взята в расчет озеленителями, дорожниками, транспортниками. Теперь многим специалистам надо подумать, как обеспечить ее будущих жителей всем необходимым.

В другом конструкторском бюро на белых листах бумаги рождаются контуры деталей, сборочных единиц и общих видов машин.

Среди конструкторской документации — чертежи, схемы, рисунки, технические описания, инструкции по эксплуатации и ремонту.

История возникновения и развития науки об изображении предметов на плоскости берет свое начало в далеком прошлом.

Еще не зная бумаги и карандашей, человек с помощью угля, мела или какого-либо красящего вещества изображал на стенах своих жилищ предметы из окружающей его природы. Чаще всего это были рисунки животных и птиц, охота на которых служила человеку источником существования (рис. 36).

Древние египтяне передавали свои мысли и представления с помощью знаков-рисунков, которые называются иероглифами.

Длинными строчками, как буквы в книгах, выстраивались на плитах и стенах змеи, совы, ястребы, руки, головы, люди, жуки, пальмовые листья и др. Среди них всевозможные фигуры: квадраты, треугольники, круги, петли.

Рис. 36

Рис. 37 *а)* *б)*

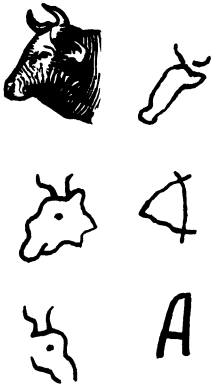


Рис. 38

Всего не перечислишь (рис. 37, *а*). Расшифровка некоторых иероглифов приведена на рисунке 37, *б*.

Ученые проследили длинный путь, ведущий от картинок до современных букв. Буквы менялись по виду, поворачивались «лицом» слева направо, «ложились на спину», «становились на голову» — пока не стали такими, какими мы видим их теперь. Так, заглавная русская буква А является вырожденным изображением «Алефа» — быка. Положите букву набок и вы увидите упрощенное изображение рогатой морды животного (рис. 38).

Римские цифры I, II, III — это один, два и три пальца; V — пятерня с отставленным большим пальцем. Цифры писали не только «стоящими», но и «лежащими». При быстром письме, не отрывая перо от бумаги, цифры изменялись, приближаясь постепенно к современным (рис. 39).

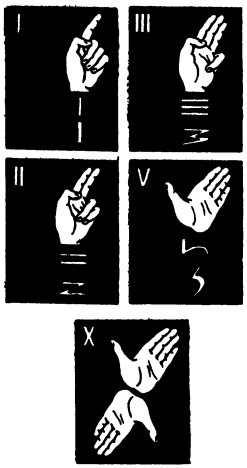


Рис. 39

Картинки и буквы не чужды друг другу. Оба вида изображения служат одной цели: передать сообщение от одного человека другому. Мы и сейчас заменяем буквы картинками, когда они для нас удобнее, выразительнее слов.

На рисунке 40 даны некоторые знаки безопасности для школ и предприятий, где ведется трудовая подготовка учащихся по автоделу:

1) запрещающий знак (запрещается пользоваться открытым огнем); 2) предупреждающий знак (осторожно! Воспламеняющиеся вещества); 3) предписывающий знак (работать в защитных перчатках); 4) указательный знак (пункт питания наверху).

Для указаний мест охоты, путей кочевок издавна служили рисунки-планы, которые с течением времени становились подробнее, выразительнее и точнее передавали характер местности. До наших дней сохранилось одно из древнейших изображений охотничьего угодья

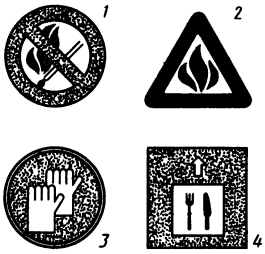


Рис. 40

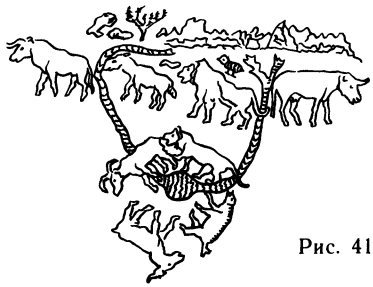


Рис. 41

Северного Кавказа, выгравированное на серебре (рис. 41). На рисунке изображено озеро и впадающие в него реки. Здесь же изображены звери, обитающие на склонах гор и в долинах. Рисунки-планы являются прообразами наших географических карт.

С развитием строительного дела и техники людям понадобились такие способы изображения пространственных предметов, которые позволили бы быстро и точно передать действительные размеры этих предметов, отразить их особенности и взаимное расположение.

Еще не появилась специальная наука об изображении пространственных тел, а уже отдельные приемы и правила находили широкое применение в различных областях техники. Эти приемы находим мы в чертежах знаменитых русских механиков Кулибина и Ползунова, в кораблестроительных чертежах эпохи Петра I и в других работах русских и иностранных техников.

В 1795 году французский геометр Гаспар Монж впервые систематизировал и изложил методы начертательной геометрии — науки, изучающей геометрические способы изображения предметов на плоскости. С этого времени чертеж стал международным языком инженеров, строителей, архитекторов.

Почему же техникам потребовалась специальная наука об изображении предметов на плоскости? Почему они не воспользовались теми способами, которыми пользуются художники, создавая свои картины?

Дело в том, что художник изображает предмет таким, каким он его видит (рис. 42). В результате получается изображение, представленное на рисунке 43. Легко заметить, что линии стен, крыши, оконных проемов и других элементов здания, параллельные в действительности, на рисунке потеряли параллельность, а ширина оконных проемов по мере удаления от наблюдателя уменьшилась. По такому рисунку можно судить о внешнем

Рис. 42

виде дома, но построить дом нельзя. Мы не знаем истинных размеров здания, его стен, дверей, окон. Не знаем, сколько в нем комнат, как они расположены и т. д. Следовательно, чтобы построить дом, нужно иметь его чертежи. Чертежи дают возможность точно изобразить любой предмет: от отдельного кирпича до целого здания, от гайки до шагающего экскаватора.

На рисунке 44 представлен фасад небольшого дома.

Чтобы получить план дома, мы как бы отсекаем плоскостью I—I (рис. 44) верхнюю часть здания и изображаем то, что увидим, если посмотрим на оставшуюся часть здания сверху (рис. 45).

Теперь мы видим, сколько в доме комнат, как расположены печь и плита, сколько дверей, в какую сторону они открываются, можем определить площадь комнат, толщину стен, ширину дверей и т. д.

Вертикальный разрез (рис. 46), произведенный в плоскости II—II (см. рис. 45), позволяет определить высоту комнат, устройство крыши и фундамента.

На рисунке 47 показан план мансарды.

Устройство механизмов, машин, радиоаппаратуры, строительных сооружений и сложных современных систем «читают» по схемам, на которых не изображают конструкцию устройства, но понять принцип работы по ним можно полностью.

Рис. 43

Для наглядности и удобства запоминания знакам схем придают начертания, отдаленно напоминающие собой изображаемый предмет (рис. 48).

Когда человек пишет, он подыскивает подходящие слова, находит лучшее построение фразы.

Перед составителем конструкторского документа тот же вопрос: как наилучшим образом выразить мысль — с помощью схемы, чертежа, наглядного изображения или слова.

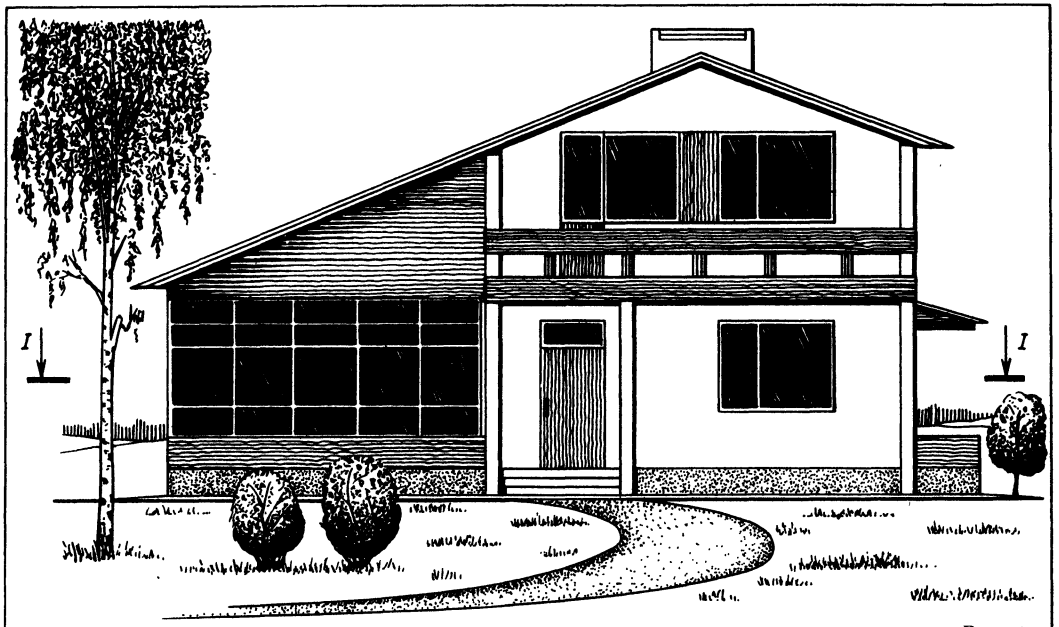


Рис. 44

I–I

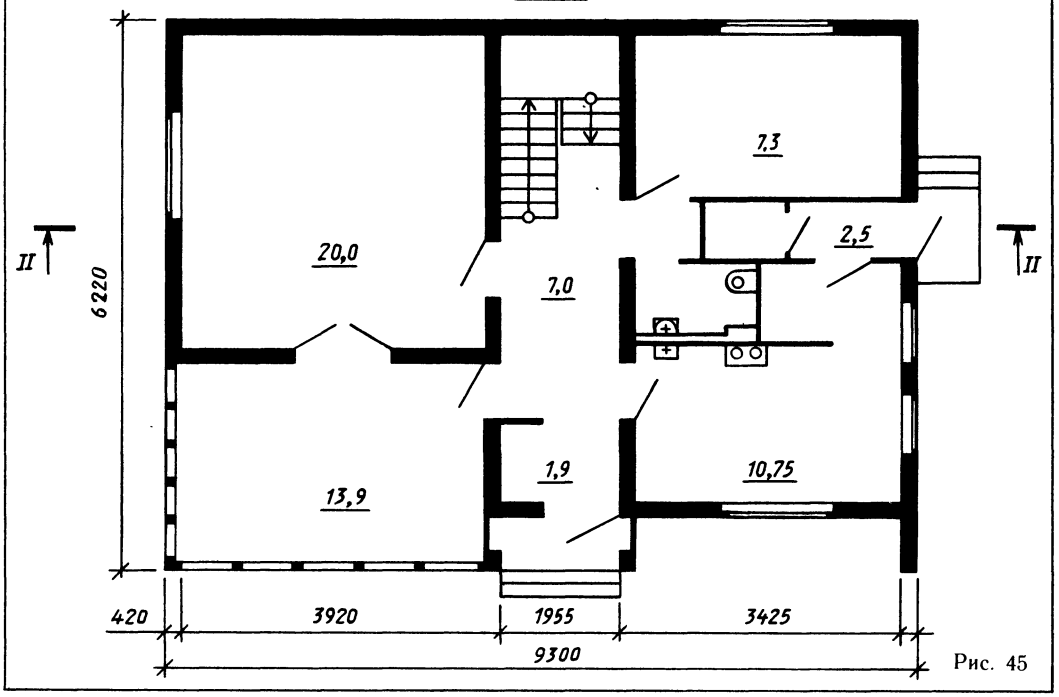


Рис. 45

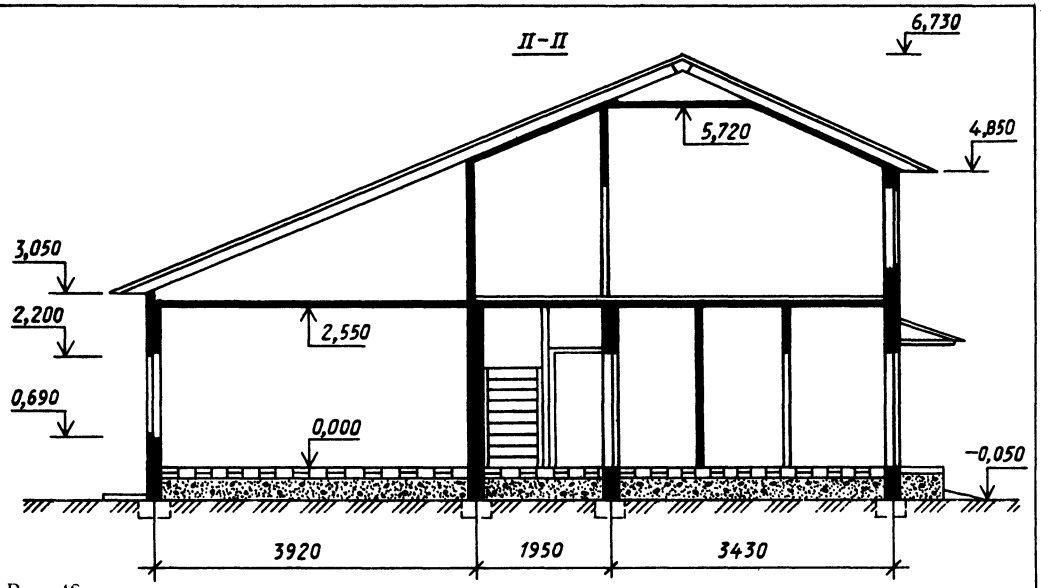


Рис. 46

План мансарды

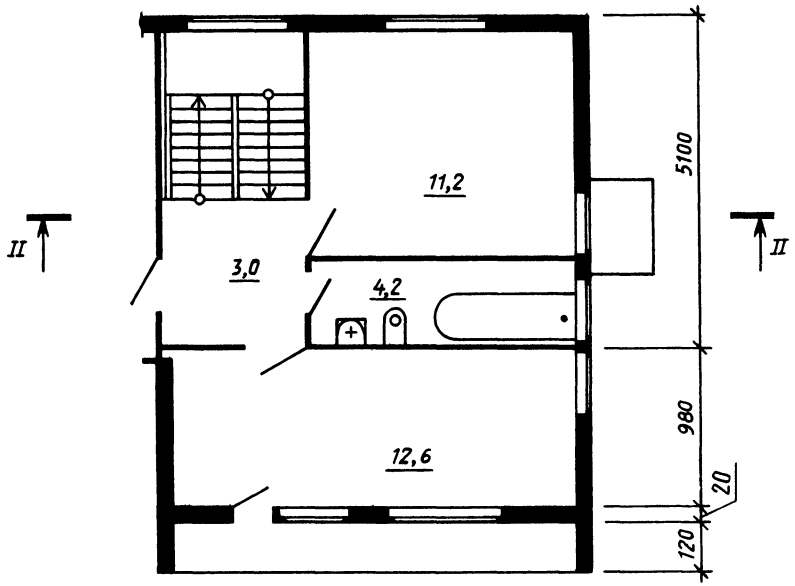


Рис 47

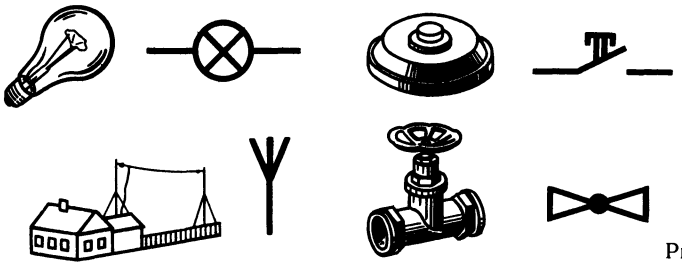
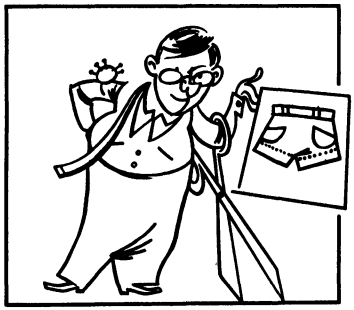


Рис. 48

Чертежи и другие конструкторские документы содержат те необходимые изображения, без которых невозможно строительство зданий и гидротехнических сооружений, изготовление каких-либо предметов, машин или механизмов.



ЛЮДИ РАЗНЫХ ПРОФЕССИЙ О ЧЕРТЕЖЕ

Вот что говорят о чертеже люди разных профессий.

«...«Дюймовочка»... Видели вы такую игрушку (рис. 49)? Нажимаешь на пружину — цветок раскрывается, и в чашке дюймовочка, та самая, о которой говорится в сказке. Сказку эту вы, наверно, все читали. Так вот, чтобы сделать такую игрушку, потребовалось шестьдесят чертежей!»

Л. Воробьев, слесарь.

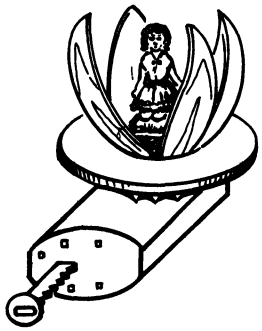


Рис. 49

«Я — токарь. Поступает ко мне на станок заготовка — кусок металла,— а я должен сделать из нее деталь. Даже несложную деталь — вот, к примеру, маленький винтик (рис. 50) и тот без чертежа сделать невозможно. Токарь, взглянув на чертеж, должен сразу представить себе, как будет выглядеть будущая деталь. Тот, кто не умеет разбираться в чертеже, дает брак, портит продукцию».

Ю. Диков, мастер.

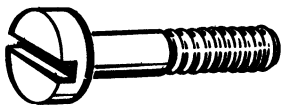


Рис. 50

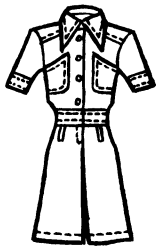


Рис. 51

«Знаете ли вы, что ваша одежда тоже делается по чертежам? Ведь чтобы сшить платье (рис. 51), нужны выкройки, а для выкройки нужен чертеж, и притом очень точный. Ошибись закройщик где-нибудь хоть на сантиметр — и рукав или воротник будет сидеть косо... У меня есть альбом, в котором около 250 чертежей. Тут чертежи для рукавов разных фасонов, воротничков, манжет, карманов и даже хлястиков».

А. Завидонов, закройщик.

Рис. 52

«Принесли мне однажды в цех чертеж новой модели стула (рис. 52). Стал делать, и вдруг у меня явилась мысль: «А что, если изменить крепление спинки? Тогда стул можно сделать быстрее». И я предложил изменить чертеж спинки. На фабрике со мной согласились. Вот видите, если мастер умеет читать чертежи, то он выполняет свою работу не механически, а обдуманно, творчески».

И. Погорелый, столяр.

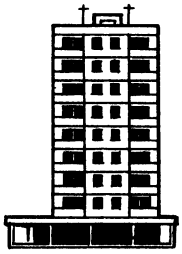


Рис. 53

«Я не представляю себе архитектуру без чертежа. Это так же немыслимо, как музыка без звука или литература без слов.

Допустим, что архитектор продумал и мысленно представил себе будущее здание (рис. 53). Но как передать свои мысли другим без чертежа? Без него не расскажешь, как построить дом, не рассчитаешь, не докажешь возможности создания какого-нибудь сооружения».

Б. Иоффан, академик.

Г. Монж

Говоря о чертеже, основоположник начертательной геометрии французский ученый и инженер Гаспар Монж (1746—1818) писал: «Это язык, необходимый инженеру, создающему какой-либо проект, а также всем тем, кто должен руководить его осуществлением, и, наконец, мастерам, которые должны сами изготавливать различные части».

Русский ученый Валериан Иванович Курдюмов (1853—1904) продолжил эту мысль Монжа: «Если чертеж является языком техники, одинаково понятным всем образованным народам, то начертательная геометрия служит грамматикой этого мирового языка, тем как она учит нас правильно читать чужие и излагать на нем наши собственные мысли, пользуясь в качестве слов

В. И. Курдюмов

В. О. Гордон

Н. А. Рынин

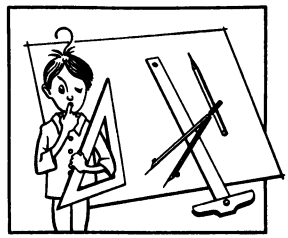
одними только линиями и точками как элементами всякого изображения».

Перу В. И. Курдюмова принадлежит обширный «Курс начертательной геометрии», выдержавший ряд изданий. В этой работе дальнейшее развитие получили способы преобразования проекций (вращение и перемена плоскостей проекций).

Автор большого числа работ о методах изображений, Николай Алексеевич Рынин (1877—1942) использовал эти методы для решения задач по механике и расчета освещенности помещений. Он работал над применением методов начертательной геометрии в области авиации, аэрофотосъемки, кинематографии и в военном деле.

Большой вклад в развитие и совершенствование методов начертательной геометрии внесли советские ученые. Среди них Владимир Осипович Гордон (1892—1971) — автор первого стабильного учебника по черчению (1934) для школ и превосходного «Курса начертательной геометрии» для студентов.

В. О. Гордон считал, что эффективное изучение курса черчения немыслимо без некоторых экскурсов в область техники, без приобщения учащихся к техническим знаниям. Эти мысли ученого успешно реализуются теперь в учебной литературе по черчению.



НАЧАЛО УЧЕНИЯ

Помните, как обучался чертежному искусству Алеша Пешков. «Работы у меня было много: я исполнял обязанности горничной, чистил самовар и медную посуду, по субботам мыл полы всей квартиры и обе лестницы. Колол и носил дрова для печей, мыл посуду, чистил овощи, ходил с хозяйкой по базару, таская за ней корзину с покупками, бегал в лавку, в аптеку.

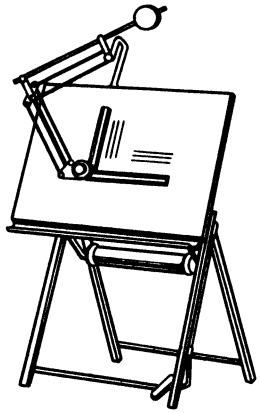


Рис. 54

Однажды хозяин пришел в кухню с трубкой толстой бумаги в руке, с карандашом, угольником и линейкой.

— Кончишь чистить ножи, нарисуй вот это!

На листе бумаги был изображен фасад двухэтажного дома со множеством окон и лепных украшений.

— Вот тебе циркуль! Смеряй все линии, нанеси концы их на бумагу точками, потом проведи по линейке карандашом от точки до точки. Сначала вдоль — это будут горизонтальные, потом поперек — это вертикальные.

Я очень обрадовался чистой работе и началу учения, но смотрел на бумагу и инструменты с благоговейным страхом, ничего не понимая.

Однако, тотчас же, вымыв руки, сел учиться. Провел на листе все горизонтальные, сверил — хорошо! Хотя три оказались лишними. Провел все вертикальные и с изумлением увидел, что лицо дома нелепо исказилось: окна перебрались на места простенков, а одно, выехав за стену, висело в воздухе, по соседству с домом. Парадное крыльцо тоже поднялось на воздух до высоты второго этажа, карниз очутился посредине крыши, слуховое окно — на трубе.

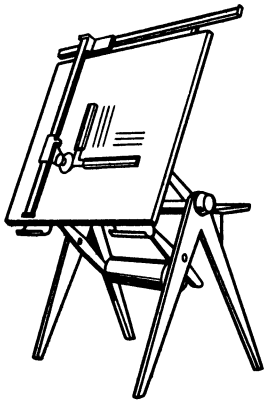


Рис. 55

Я долго, чуть не со слезами, смотрел на эти непоправимые чудеса, пытаясь понять, как они совершились.

Отметив красным карандашом разрушения фасада, хозяин дал мне еще бумаги.

— Будешь чертить это, пока не добьешься толку...

Вторая копия у меня вышла лучше, только окно оказалось на двери крыльца.

Когда мне, наконец, удалось сделать копию фасада похожей на оригинал, это ему понравилось.

Рис. 56

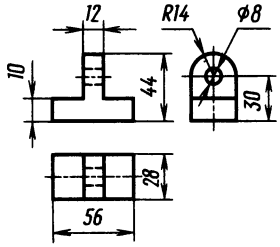


Рис. 57

— Вот видишь, сумел же! Этак, пожалуй, мы с тобой дойдем до дела скоро...».

Изображение фасада дома, как видим из рассказа, сводилось в основном к проведению ряда взаимно перпендикулярных линий. Их легко нанести без перекосов посредством чертежного прибора, имеющего две линейки, поворотную головку, рычаги (рис. 54) или координатную систему (рис. 55).

Таких же результатов можно достигнуть с помощью рейсшины и угольника. Передвигая рейсшину вверх и вниз по доске, получают любое количество горизонтальных линий; передвигая угольник по рейсшине,— вертикальных. Если нет рейсшины, пользуются линейкой и угольником или двумя угольниками. Вычерчивание параллельных линий только по линейке «от точки до точки» часто ведет к перекосу линий и потере времени примерно вдвое.

Попробуйте сами провести несколько параллельных линий, пользуясь одной линейкой и линейкой с угольником, а затем сравните результаты.

Линия на чертеже должна быть выразительна. Посмотрите на линии в рисунке художника В. А. Серова (рис. 56). Легким касанием карандаша намечает он уходящий в глубину кончик носа и энергичным нажимом выдвигает на передний план прядь волос. Под рукой мастера линия то усиливается, то ослабевает или совсем исчезает, потом вновь появляется и «звучит во всю силу карандаша».

Линия в рисунке — итог сложной работы художника над формой.

На чертеже предмет изображают условно: вид спереди, вид сверху, вид сбоку (рис. 57). Условны и линии чертежа: сплошная толстая основная, штриховая, штрихпунктирная и сплошная тонкая. Толщину этих линий

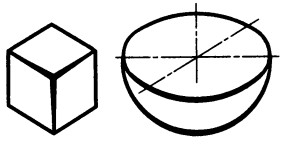


Рис. 58

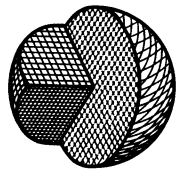


Рис. 59

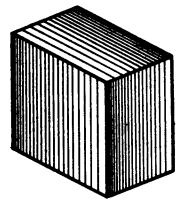


Рис. 60

определяет стандарт. Разные толщины (но не разная толщина «внутри» линии) позволяют воспринимать линии не все сразу, а последовательно. При этом создается ощущение легкости чтения чертежа.

Толщину линий, так же как и длину штрихов и расстояние между ними, не следует откладывать по масштабной линейке, а только глазомерно, по выработанному «для себя» эталону.

К обводке чертежа приступают после того, как закончены в тонких линиях все построения. Перед началом обводки подбирают путем проб толщину основной, штриховой и других линий, пробы делая на отдельном листе однородной бумаги.

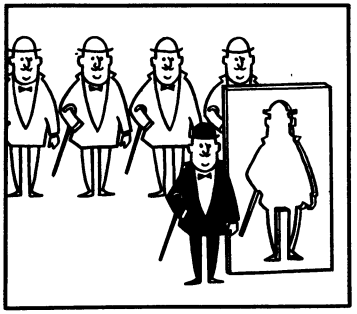
В технических рисунках нет строгих правил начертания линий. Но наглядное изображение заметно «оживает», если, последовав примеру художников, несколько усилить толщину обводки линий с теневой стороны предмета (рис. 58).

Выразительность рисунка зависит от правильного выбора места теневого штриха, ограничивающего затененные контуры.

При полной штриховке (или шрафировке) штрихи наносят по форме, сгущая и утолщая их в затененных местах и делая реже и тоньше на освещенных участках (рис. 59).

При рассеянном свете сгущают штрихи на границе двух плоскостей или поверхностей, например у места стыка граней параллелепипеда для четкого разделения этих граней между собой (рис. 60).

Когда мы говорили о толщине линии, упоминалось слово стандарт. Что же такое стандарт?



ЧТО ТАКОЕ СТАНДАРТ

Стандарт — слово английское и в переводе означает образец. Образец в том смысле, какой мы вкладываем в понятие «такой же», «одинаковый».

Электрические лампочки ввертываются в патроны, штепсельные вилки входят в гнезда розеток и т. п.

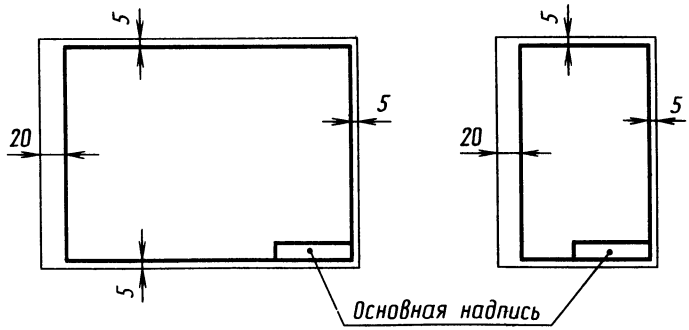
С необходимостью взаимной замены одинаковых предметов в быту и на производстве встречаются довольно часто. Пренебрежение этим правилом внесло бы в нашу жизнь немало сложностей. На это обратил внимание Владимир Маяковский в стихотворении «Нормализованная гайка»:

Подходи, рабочий!
Обсудим, дай-ка,
что это за вещь такая гайка?
Что гайка?
Ерунда! Малость!
А попробуй-ка
езжай, ежели сломалась.
Без этой вещи,
без гайки той —
ни взад, ни вперед.
Становись и стой!
Наконец отыскали гайку эту...
Прилаживают...
Никакой возможности нету!..
Эта мала,
та велика,—
словом,
не приладишь ее никак.
И пошли пешком,
как гуляки праздные.
Отчего?
Оттого, что гайки разные.
А если гайки одинаковые ввесть,
сломалась —
новая сейчас же есть.
И нечего долго раздумывать тут:
бери любую —
хоть эту, хоть ту!
И не только в гайке наше счастье.
Надо
всем машинам
одинаковые части...

Значение стандарта не только в удобствах пользования готовыми предметами. Конструируя новые машины, инженеры и техники создают для них различные детали и сборочные единицы, многие из которых в разных машинах повторяются. Если создать образцы повторяющихся деталей и сборочных единиц, например болтов, шестерен, валов, цепей, подшипников, конструктору не придется тратить время на их создание. Он подберет их из имеющегося ассортимента!

Чем же вызвано появление стандартов на чертежи?

Рис. 61



Обозначение формата	А4	А3	А2	А1	А0
Размеры сторон формата	210×297	297×420	420×594	594×841	841×1180

В нашей стране ежедневно выпускается примерно четверть миллиона чертежей. Чертежи, выполненные одним предприятием, рассылаются на многие заводы, фабрики и стройки страны, за рубежи нашей Родины. Ясно, что без единых правил всем понимать чертежи было бы трудно. Чтобы избежать этого непонимания, в СССР приняты и действуют Государственные стандарты — Единая система конструкторской документации.

Стандарт содержит единые правила построения и оформления чертежей.

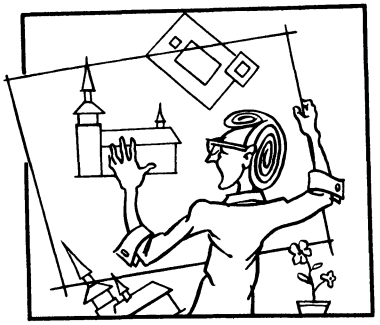
Первый стандарт, с которым вам придется столкнуться, называется «Форматы». Формат — это размеры внешней рамки листа конструкторского документа.

Чертеж располагают на листе горизонтально или вертикально. Внутри листа чертят рамку на расстоянии 5 мм от края. С левой стороны оставляют поле для подшивки шириной 20 мм. В правом нижнем углу помещают основную надпись. После этого внутри листа остается площадь, представляющая собой рабочее поле чертежа (рис. 61).

Иногда задают вопрос: почему формат выражен «не круглыми» цифрами. Ответ один — не нарушить подобия, чтобы размеры вновь полученного листа имели такие же отношения, как стороны исходного. Это позволяет экономить чертежную бумагу, легко комплектовать и брошюровать чертежи, создает удобство их хранения.

На рисунке 62 даны образцы рамок для обложки альбома чертежей.

Рис. 62



КОМПОЗИЦИЯ ЧЕРТЕЖА

Начинающие чертежники строят чертеж, как правило, без учета площади листа бумаги. В итоге чертеж либо не помещается в отведенном ему поле, либо занимает только его часть.

Поскольку мы воспринимаем изображение не само по себе, не изолированно, а вместе с листом, на котором оно расположено, то между величинами изображения и листа должна существовать определенная пропорциональная зависимость, или, как говорят художники, композиционное равновесие.

Простейший способ достижения равновесия в чертеже — это равномерное распределение проекций (но не за счет нарушения проекционной связи!). Из рисунка 63 легко понять суть этого требования.

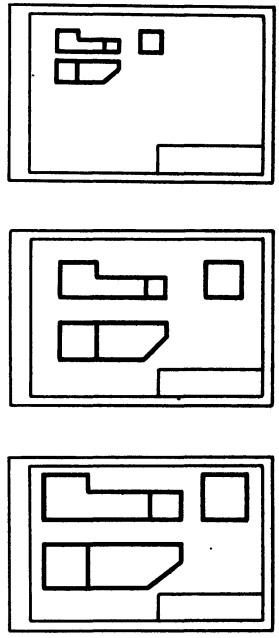


Рис. 63

Но здесь могут быть и неожиданности. На рисунке 64 проекция валика размещена строго посередине листа. Несмотря на это, изображение кажется сдвинутым вниз. Это объясняется особенностью восприятия изображений нашим глазом: горизонтальные линии нам представляются длиннее вертикальных, верхняя половина предмета — больше нижней. Поэтому изображение валика следовало бы расположить несколько выше середины листа. По той же причине верхние части некоторых типографических знаков делают меньше нижних, но мы их видим равными (рис. 65, *а*). Поверните рисунок и вы убедитесь в этом.

Это относится и к ряду букв и цифр чертежного шрифта. Взгляните на рисунок 65, *б*. Кажется, будто небольшой черный круг расположен в глубине квадрата, большой круг выдвинут на первый план и только третий круг лежит в плоскости квадрата. Этот пример поможет вам определить соотношение толщины и размеров линий, цифр, надписей и других элементов чертежа при его выполнении, т. е. выдержать равновесие между черным и белым.

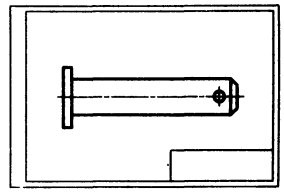
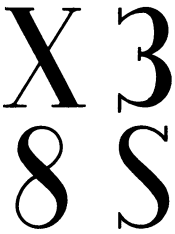
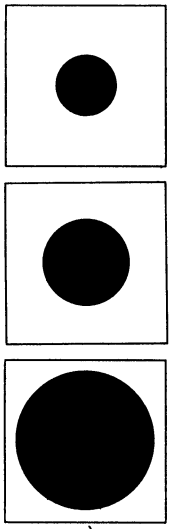


Рис. 64



а)



б)

Рис. 65

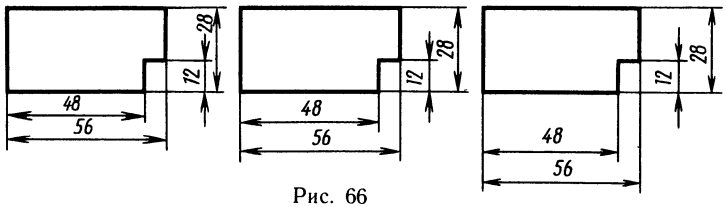
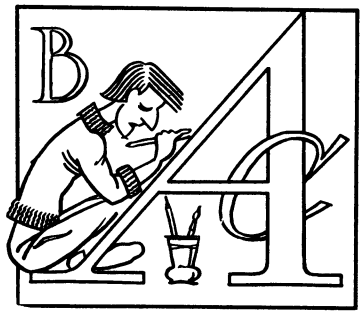


Рис. 66

На рисунке 66 легко увидеть, какой чертеж исполнен композиционно правильно. Стрелки левого и правого чертежей несоизмеримы с проекциями: первые — велики, вторые — слишком малы, цифры — также. Кроме того, слева они «прижаты» к своим проекциям, справа, напротив, «оторваны» от них. Правильно исполнен средний чертеж. В нем зрительно все уравновешено и создаются благоприятные условия для глаза при его движении по изображению.

Законы композиции проявляются во всех видах искусств: в архитектуре, скульптуре, живописи, музыке и т. п.

Гармоническое сочетание отдельных элементов изображения с заданным форматом называется композицией чертежа.



О ШРИФТЕ

Одинаковых по начертанию букв в алфавите нет, иначе их было бы нельзя отличать в строке. Тем не менее буквам в тексте придают единый характерный облик.

На рисунке 67 представлено несколько фраз, написанных художественным шрифтом. Несмотря на «вольность» написания, в каждой строке соблюдается и индивидуальность знака, и общность начертания.

Сколько бы ни подвергались изменению буквы, их основная графическая схема остается: буквы, состоящие или только из прямых элементов (*Н*), или из прямых

Рис. 67

и кривых (*Ю*), или из одних кривых с прямыми участками — замкнутых или разомкнутых (*С* и *О*).

Каждая буква мыслится вписанной в прямоугольник (у наклонных шрифтов — в параллелограмм). Стороны прямоугольника имеют гармоническое отношение, например наиболее известно золотое сечение, выраженное в цифрах приблизительно так: 3:5; 8:13 и т. д.

Более подробно о соотношении высоты и ширины букв русского алфавита вы найдете в учебной и справочной литературе по черчению. Толщина линий шрифта зависит от его высоты.

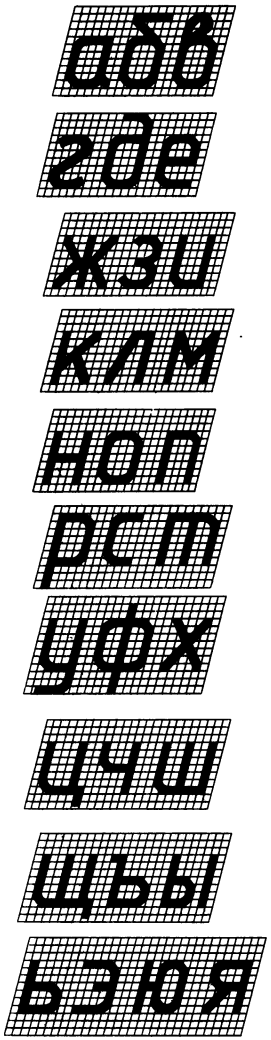
Чертеж — это документ. Надписи на нем имеют силу закона. Поэтому простая композиция букв, возможность безошибочного чтения, легкость и быстрота написания от руки, получение хорошего отпечатка при размножении чертежей — вот требование к чертежному шрифту. Ему удовлетворяет стандартный шрифт, приведенный на рисунках 68 (заглавные буквы) и 69 (строчные буквы). Это шрифт типа Б с наклоном. Наклон букв и цифр шрифта к основанию строки равен 75°. На рисунке 70 показано написание цифр.

Как правило, при обводке букв и цифр все вертикальные и наклонные элементы должны проводиться сверху вниз, горизонтальные — слева направо, а закругленные — движением вниз и влево или вниз и вправо. Стрелками обозначено направление движения карандаша при написании каждого элемента, а цифрами около стрелок — последовательность начертания элементов. Этот порядок не следует принимать за некоторый безусловный образец. Он может изменяться в зависимости от приобретенного опыта. Однако надо учитывать, что на себя и слева направо штрихи проводить легче, чем от себя и справа налево.

Надписи чертежным шрифтом не вычерчивают, а пишут.

А теперь, прежде чем перейти к основам проекционного черчения, попробуйте решить несколько задач, касающихся символов и техники черчения.

Рис. 68



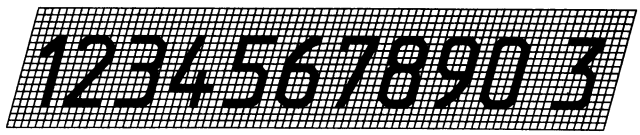


Рис. 69 Рис. 70

1. Хорошему оформлению чертежей способствует знание своего инструмента, приспособлений, знание чертежного шрифта и др. (рис. 71):

а) Найдите изображение ножек циркуля, правильно подготовленного к работе.

б) Скажите, какой из карандашей очинен неправильно. Почему?

Почему все чертежные карандаши бывают только гранеными, в то время как карандаши другого назначения бывают и гранеными и круглыми?

в) Как проверить, действительно ли прямой угол у этого треугольника?

2. Продолжим предыдущее задание (рис. 72):

а) Найдите изображение карандаша, правильно подготовленного к работе.

б) Какими двумя карандашами по их твердости вы бы воспользовались для черчения?

в) Как пользоваться циркулем: как показано на рисунке слева или как справа?

3. Вам уже известно, что чертежи выполняют линиями разной толщины. Но толщина «внутри» линии должна быть одинаковой на всем протяжении. Добиться этого можно только тренировкой.

Проверьте, насколько хорошо вы можете выполнить работу, заключающуюся в проведении различных линий чертежа (рис. 73).

Наметьте границы трех квадратов и нанесите в них вертикальные (*1*), наклонные (*2*) и горизонтальные (*3*) линии в указанных на рисунке сочетаниях. Опишите

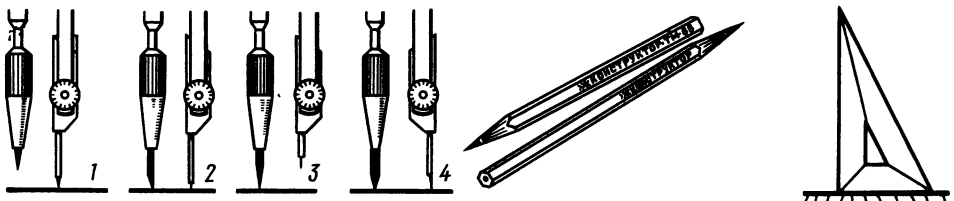


Рис. 71 *а)* *б)* *в)*

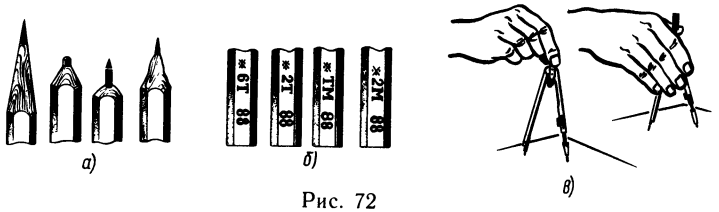


Рис. 72

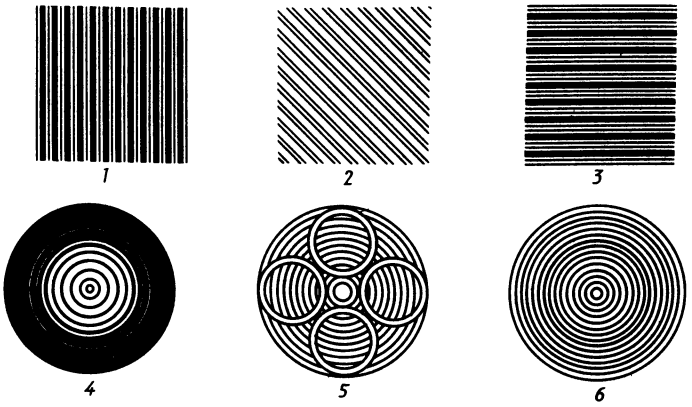


Рис. 73

ряд концентрических окружностей: убывающей толщины (*4*), прерывающихся (*5*) и тонких (*6*).

4. Найдите ошибки в словах, написанных стандартным шрифтом (рис. 74).

5. Если вам придется писать объявление о школьном вечере, то чертежный шрифт для этой цели будет слишком «сухим». Лучше применить какой-либо «вольный» шрифт. Но и в его конструкции должна быть определенная закономерность, почерк.

На рисунке 75 начато написание слов «бал-маскарад». Сумеете ли вы закончить это предложение, не нарушив своеобразия данного шрифта?

КАРАНДАШ
кронштейн
фланец
черчение

Рис. 74

Рис. 75

Рис. 76

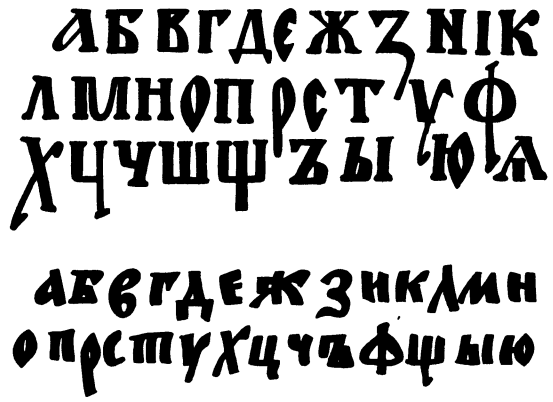


Рис. 77

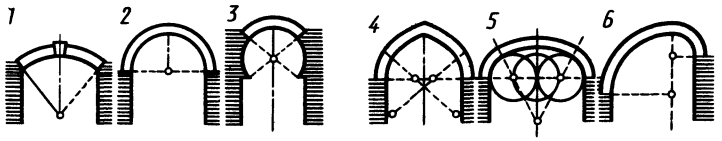


Рис. 78

6. Приведены образцы букв некоторых художественных шрифтов (рис. 76).

Сконструируйте какую-либо отсутствующую букву в них, не нарушая, разумеется, своеобразия стиля письма.

Каким шрифтом вы написали бы слова: школа, азбука, море?

7. На рисунке 77 даны шрифты. Рассмотрите их и охарактеризуйте.

8. На рисунке 78 показаны арки — конструкции, перекрывающие проемы в стенах,— лучковая (*1*), полуцир-

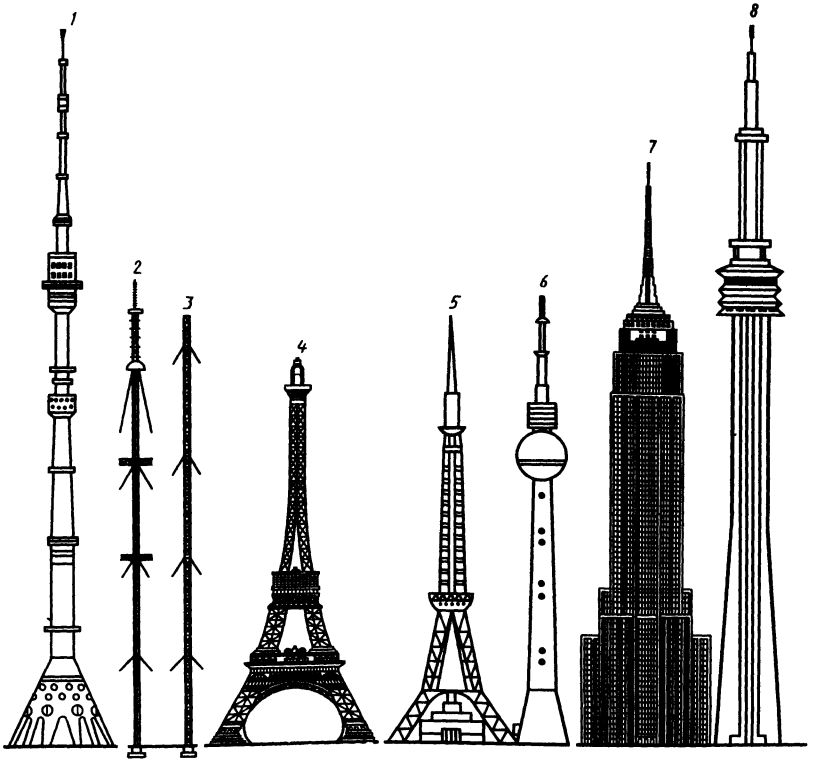

1
2
3
4
5
6
7
8

Рис. 79

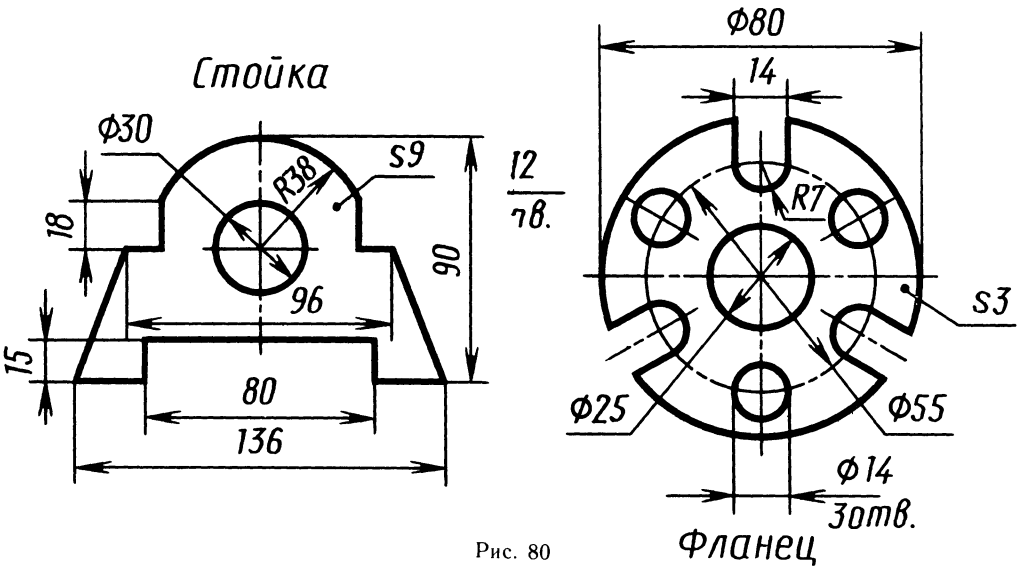

Стойка
Ф30
R38
S9
12
тв.
18
90
96
15
80
136
Ф80
14
R7
S3
Ф25
Ф55
Ф14
3отв.
Фланец

Рис. 80

Рис. 81

кульная (*2*), подковообразная (*3*), стрельчатая (*4*), овальная (*5*), ползучая (*6*).

Вычертите одну из арок.

9. На рисунке 79 показаны: московская телебашня (*1*), телевизионная опора в Виннице (*2*), мачта релейной связи в Чехословакии (*3*), башня Эйфеля в Париже (*4*), телебашня в Токио (*5*), телебашня в Берлине (*6*), здание в Нью-Йорке (*7*), телебашня в Торонто (*8*).

Определите высоты сооружений, если высота телебашни в Москве 540 м. Можете ли вы предложить свой проект башни? Пофантазируйте на эту тему.

10. Проверьте свое искусство копировать простые чертежи, требующие знаний, умений и навыков геометрических построений — проведения параллельных и перпендикулярных линий, дуг окружностей, деления окружностей, построения углов, нанесения размеров.

Вычертите стойку и фланец (рис. 80).

11. Какое наименьшее количество размеров нужно знать, чтобы изготовить детали, показанные на рисунке 81?

Перечертите изображение на отдельный лист бумаги и проставьте размеры.

12. Пятиконечная звезда (*а, б*), плашка (*в*), кухонная подставка (*г*) — примеры с использованием деления окружности на пять равных частей (рис. 82).

Вычертите фигуры в рабочей тетради, сохранив линии построения. Проследите, чтобы контурные линии были четкими, особенно места их пересечений.

13. Чертеж, как известно, читают от его основной надписи. Оценить по достоинству это простое, но мудрое правило позволяет шуточный пример на рисунке 83. Что изображено на чертеже слева, справа и какая цифра проставлена там?

14. Французский ученый Шампольон, разгадывая египетские иероглифы, пришел к выводу, что слово, которое ему встретилось в рамке, означает имя фараона Птоломея (Птолмеес). Поэтому, когда совсем в другом месте был найдет обелиск, ученый сразу же узнал на нем знакомые буквы.

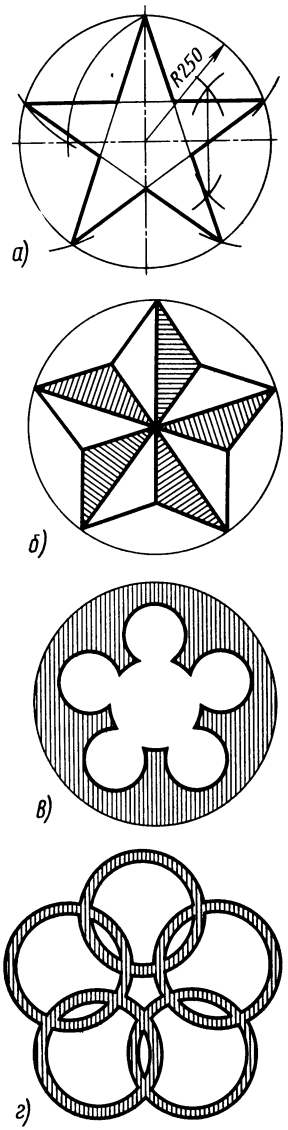


Рис. 82

Рис. 83

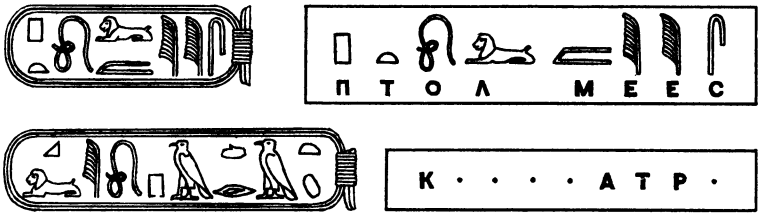
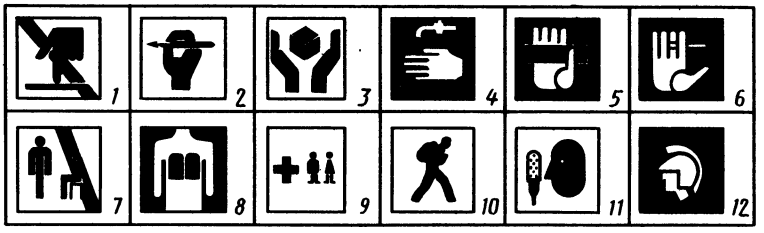
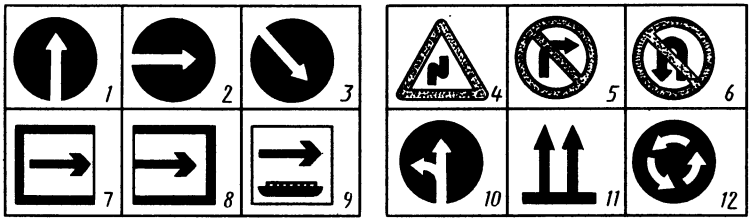


Рис. 84



а)



в)

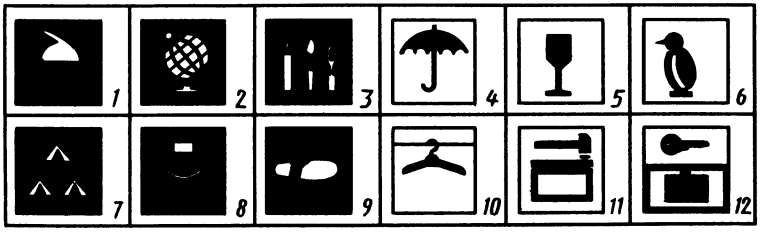


Рис. 85

б)

Догадайтесь, какое слово прочитал ученый на обелиске (рис. 84).

15. На рисунке 85 представлены знаки современного картинного (пиктографического) письма, встречающегося на международных выставках, упаковочной таре различных грузов, вокзалах аэрофлота, на автомобильных до-

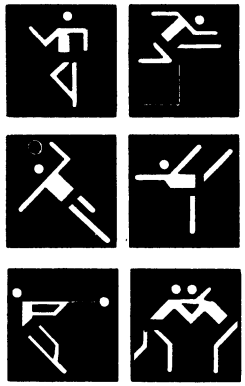


Рис. 86

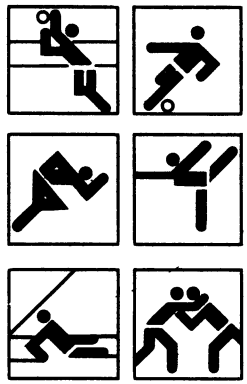


Рис. 87

рогах, туристских тропах. В одном случае объектом изображения служит сам человек, в другом — окружающие его предметы, в третьем — это абстрактные символы.

Что, по-вашему, означает каждый из знаков?

Какому выражению он соответствует?

а) А — не сидеть; Б — просвечивание грудной клетки; В — служба скорой помощи детям; Г — туристская тропа; Д — комната для интервью; Е — кабинет истории; Ж — руками не трогать; З — пресс-центр; И — обращаться осторожно; К — место для курения; Л — место для умывания; М — просим предъявлять билет;

б) А — хрупкий предмет, Б — боится сырости, В — держать в замороженном виде, Г — кабинет черчения, Д — кабинет химии, Е — кабинет географии, Ж — палаточный городок, З — открытая эстрада, И — пешеходная тропа, К — гардероб, Л — камера хранения, М — упаковка посылок;

в) А — поворот направо запрещен, Б — разворот запрещен, В — извилистая дорога, Г — вход, Д — выход, Е — пристань, Ж — направление объезда, З — круговое движение, И — двигаться прямо, К — двигаться направо, Л — верх (например, ящика), М — двигаться прямо или налево.

16. Даны пиктограммы с характерными изображениями тех видов спорта, которые они представляют (рис. 86).

Узнайте, какая пиктограмма что обозначает.

Оцените, как выглядят пиктограммы на черном фоне (рис. 86) и на белом (рис. 87). От чего может зависеть одно и другое решение задачи?

СМЕШНЫЕ ТЕНИ И ИХ СЕРЬЕЗНЫЕ РОДСТВЕННИКИ

На рисунке 88 показано, как можно с помощью пальцев рук получить тени, похожие на голову лебедя, голову собаки или на зайца.

При некотором навыке и сообразительности вы сможете получить тени, похожие на других животных и птиц.

В сложенном положении пальцы рук должны располагаться так, чтобы общий внешний контур их в плоскостях, перпендикулярных световым лучам, соответствовал контуру фигуры, которую вы хотели бы получить.

Забавную тень можно получить и не складывая руки, а располагая их определенным образом на некотором расстоянии друг от друга.

С помощью тени можно получить не только забавные фигурки, но и настоящие портреты и картины.

Попросите своего товарища посидеть спокойно между горящей лампой и экраном из тонкой бумаги, обведите карандашом контур тени, и силуэтный портрет вашего товарища готов (рис. 89). Хорошо сделанный силуэт очень точно передает черты изображаемого лица. Так, на рисунке 90 вы легко узнаете профиль великого русского писателя Н. В. Гоголя. На рисунке 91 с помощью силуэтов изображены школьники.

Таким образом, мы установили одну важную особенность теневого изображения: при определенных

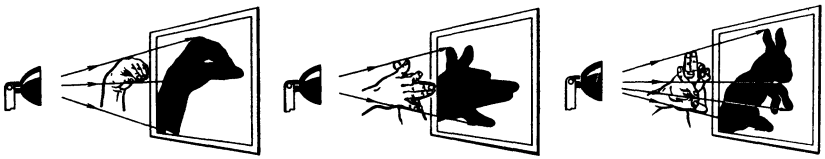
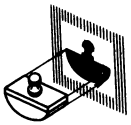


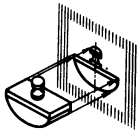
Рис. 88

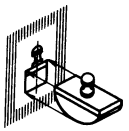
Рис. 89

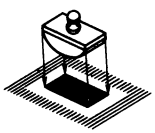
Рис. 90

Рис. 91









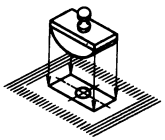


Рис. 92 Рис. 93

условиях оно может иметь полное сходство с оригиналом.

А если это так, то, очевидно, такое теневое изображение можно использовать не только для выполнения портретов или картин, но и для изображения различных пространственных тел. Возьмем, например, пресс-папье. Этот инструмент обязательно входил в набор принадлежностей для письма перьевыми ручками. На нижней поверхности его размещался лист промокательной бумаги. О форме и размерах обыкновенного пресс-папье вы можете судить по его теням, изображающим предмет с различных сторон без искажения, как это показано на рисунке 92.

Изображение пространственной фигуры на плоскости (например, на листе бумаги) называется проекцией этой фигуры на плоскость. Процесс получения проекции называется проецированием.

Рисунок, фотография, технический чертеж, тени — все это проекции предметов на различные поверхности.

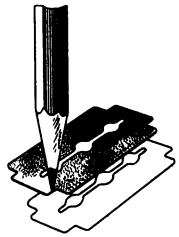
Для того чтобы более детально изобразить предмет, проекции обычно выполняют не в виде сплошных теней или силуэтов, а как показано на рисунке 93.

Рассматривая этот рисунок, можно сделать вывод, что проекция есть не что иное, как вид предмета с какой-либо стороны. Действительно, глядя на пресс-папье спереди из бесконечно удаленной точки, мы должны были бы увидеть его именно так, как оно изображается на верхней проекции. Глядя на него сверху, мы увидели бы его так, как оно получается на нижней проекции, и т. д. (рис. 93).

Как же получить проекцию (в и д) нужного нам предмета на бумаге? Самый простой способ — положить предмет на лист бумаги и обвести его карандашом, как это показано на рисунке 94.

Но не всякий предмет можно спроецировать таким образом. Одни предметы не поместятся на листе бумаги, другие слишком малы, а третьи невозможно обвести из-за сложности их формы. Попробуйте, например, обвести карандашом контур электрической лампочки. Вряд ли у вас получится точное изображение.

Вот тут-то и приходит на помощь начертательная геометрия. Она дает возможность обходиться без каких-либо приспособлений и правильно строить изображения на основании геометрических законов, не производя проецирования на самом деле.



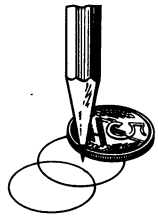
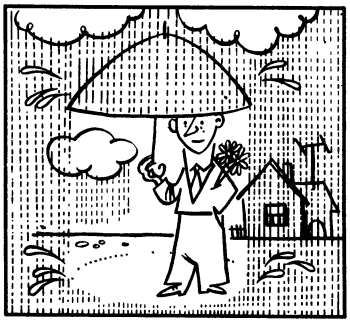


Рис. 94



ЛУЧ ОПРЕДЕЛЯЕТ ПРОЕКЦИЮ

Когда вы рисовали силуэт своего товарища, то, наверное, обратили внимание, что далеко не во всех случаях получается изображение, точно передающее особенности оригинала.

Действительно, чем ближе к лампе сядет ваш товарищ, тем больше будет размер его тени, и, наоборот, чем ближе к бумаге, тем меньше (но всегда больше оригинала!).

Почему это происходит?

Потому что лучи света (проецирующие лучи) исходят из одной точки — от лампы, и угол между крайними лучами меняется в зависимости от положения вашего товарища относительно лампы (рис. 95 и 96).

Рис. 95

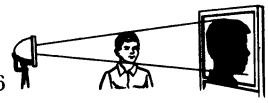


Рис. 96

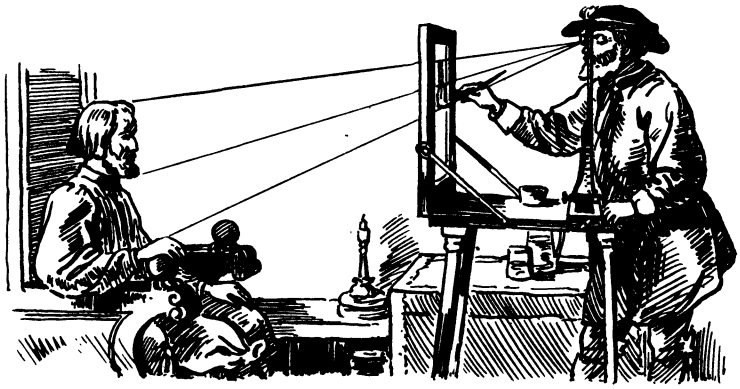


Рис. 97

Можно применить другой способ рисования, которым пользовались художники в старину. Перед тем предметом, который требовалось нарисовать, ставили стекло, затем закрывали один глаз и, не двигая головы, обрисовывали на стекле очертания предмета так, как они на него проецировались (рис. 97).

Попробуйте сами спроецировать предмет на какую-нибудь прозрачную плоскость. Станьте, например, на некотором расстоянии от окна и взгляните сквозь стекло на улицу. Вообразите видимую часть улицы в виде рисунка на стекле. Это проекция улицы. Если вы разметите стекло на квадратики и на такие же квадратики разметите лист бумаги, то сможете точно нарисовать любую деталь.

Чем дальше от стекла будет расположен изображаемый предмет, тем меньше будет размер его проекции, и, наоборот, чем ближе к нему, тем больше (но всегда меньше оригинала!).

На рисунках 95...97 показано проецирование, которое называется центральным, поскольку световые лучи (лучи зрения) исходят из одной точки (центра).

Можно, однако, достигнуть того, что изображение будет по величине равно самому предмету. Для этого надо предположить, что на предмет смотрят издалека или проецируют его лучами из бесконечно далекой точки, например солнечными лучами. Тогда углы между проецирующими лучами будут так малы, что лучи можно считать параллельными. В этом случае проецирование называется параллельным. При этом методе проецирования величина проекции не будет зависеть от расстояния; она не будет зависеть и от того, где разместится экран — за изображаемым предметом или перед ним.

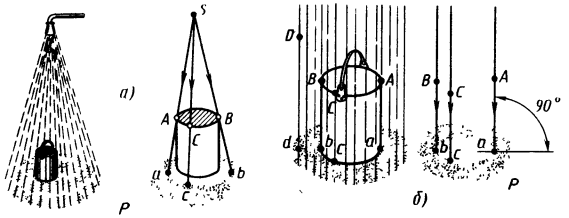


Рис. 98

Рис. 99

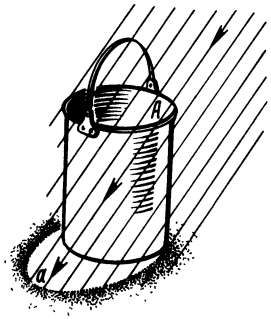
Параллельным проецированием нами были получены тени пресс-папье на рисунке 92.

На рисунке 98 приведен другой пример, поясняющий способы центрального и параллельного проецирования.

Одно ведро, вверху, поставлено под душ, а другое такое же, внизу,— под отвесный дождь. Если через некоторое время убрать ведра, то мы обнаружим, что верхнее ведро оставило сухое пятно большого диаметра, а нижнее — равное диаметру ведра. Сухие пятна есть не что иное, как проекции ведер, полученные вверху методом центрального проецирования, а внизу — методом параллельного проецирования. Проецирующими лучами в данном случае являлись струйки воды.

Центральное проецирование находит широкое применение главным образом в живописи, в архитектурных проектах при изображении зданий и сооружений. В этом случае центральные проекции называют *линейной перспективой*. Пример изображения здания в перспективе дан на рисунке 99.

Вернемся к рисунку 98, *б*. На нем изображен случай, когда капли дождя падают строго вертикально, под прямым углом к поверхности земли. Такие параллельные проекции называются *прямоугольными*.



Но представьте себе, что начался сильный ветер и капли дождя стали падать на землю под острым углом. Сухое пятно на этот раз изменило форму: оно перестало быть круглым (рис. 100). Чем острее угол, тем более вытянутой будет проекция ведра. Такие проекции называются *косоугольными*.

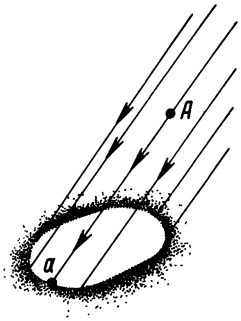


Рис. 100

Прямоугольные и косоугольные проекции обычно применяются для выполнения чертежей и технических рисунков. Теперь давайте подумаем, так ли уж сложны принципы, из которых исходит сложная наука об изображении на бумаге объемных тел? При внимательном чтении мы видим, что принципы эти просты и целиком заимствованы из окружающей нас действительности. Мы лишь воспроизводим на бумаге те процессы, которые совершаются реально в самой природе.

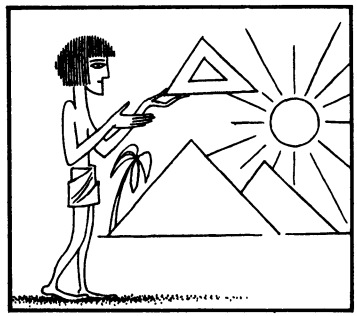
Если на ведре наметить некоторую точку A (см. рис. 98, *а*), то о ней можно сказать, что она проецируется из точки S в точку a плоскости P.

Здесь точка A — оригинал; a — проекция оригинала; прямая Aa — проецирующая прямая (проецирующий луч); плоскость P — плоскость проекций.

То же самое можно сказать о точках B, C и всех остальных точках оригинала.

Отсюда легко сделать вывод: чтобы спроецировать какое-либо тело на плоскость, нужно спроецировать на плоскость все его точки.

На рисунке 98, *б* нет точки S. Проецирующие лучи идут параллельно между собой и перпендикулярно к плоскости проекций. В этом случае можно сказать, что прямоугольной проекцией точки A на плоскость P будет основание a перпендикуляра Aa, опущенного из точки A на плоскость P. Это обстоятельство нужно твердо запомнить, так как нам придется им пользоваться при знакомстве с прямоугольными проекциями.



ЧЕРТЕЖ И РИСУНОК

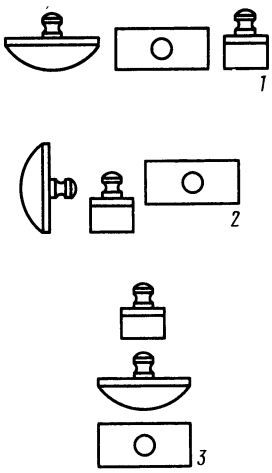


Рис. 101

Мы с вами познакомились с различными видами проекций и способами их получения. Если теперь вы попросите своих товарищей выполнить проекции пресспапье способом, показанным на рисунке 93 то, очевидно, все разместят проекции по-разному: одни — в ряд, другие — столбиком, третьи — еще как-нибудь (рис. 101).

А представьте себе, что получится, если при разработке чертежей деталей автомобиля каждый инженер будет размещать проекции по-своему!

Ясно, что как попало расположенные проекции трудно увязать между собой, а затем воспроизвести по ним деталь.

Еще задолго до того, как Гаспар Монж предложил свой метод проецирования, люди интуитивно пользовались отдельными приемами прямоугольных проекций, размещая проекции на поле чертежа совершенно про-

извольно, независимо друг от друга. Примером такого чертежа может служить изображение, показанное на рисунке 102, *а*. Здесь древнеегипетский художник изобразил водоем с пальмами, растущими по сторонам.

Первая, третья и пятая пальмы видны полностью, а вторая и четвертая как бы прячутся за водоемом, который выглядит как вертикальная стена. Говоря языком проекций, художник совместил на этом рисунке два вида — пальмы спереди, а водоем сверху.

А вот чертеж середины XIX в., показывающий укладку снаряжения на лошади (рис. 102, *б*). На нем вид лошади сверху оказался справа от вида спереди, поперек него.

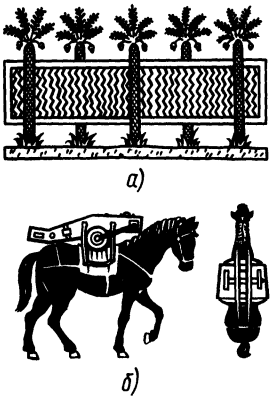


Рис. 102

Произвольное размещение проекций затрудняло понимание и составление чертежей.

Теперь во всех странах мира принят одинаковый способ проецирования и совершенно определенное расположение проекций на чертеже. Способ этот заключается в следующем: проецируемый предмет помещают в пространство угла, образованного тремя взаимно перпендикулярными плоскостями, и проецируют методом прямоугольной проекции на три плоскости, как показано на рисунке 103.

При этом плоскость H носит название горизонтальной, плоскость V — фронтальной и плоскость W — профильной.

Затем эти плоскости как бы разворачиваются: плоскость H откидывается вниз, а плоскость W поворачивается направо. В результате получаем чертеж (эпюр) пресс-папье в прямоугольных проекциях (рис. 104). При этом проекции располагаются так: вид сверху — точно под видом спереди, а вид слева — справа от вида спереди.

Такая зависимость в расположении видов называется проекционной связью и при выполнении чертежей должна обязательно соблюдаться.

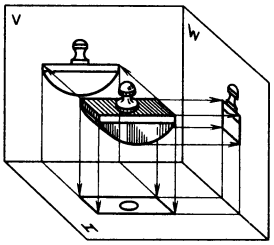


Рис. 103

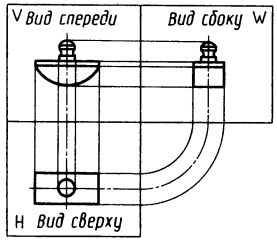


Рис. 104

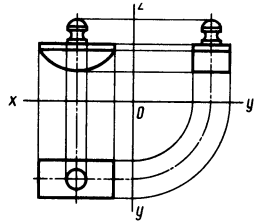


Рис. 105

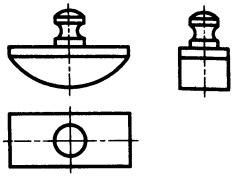


Рис. 106

Сказанное, однако, не мешает провести некоторое упрощение чертежа: мы можем не изображать рамки, ограничивающие плоскости проекций, и обозначения этих плоскостей (рис. 105).

В инженерной практике идут еще дальше: не проводят осей проекций и проецирующих линий (рис. 106), выбирая расстояния между проекциями произвольно, в зависимости от наличия свободного места на поле чертежа. При необходимости, однако, надо уметь представить и воспроизвести опущенные линии. При построении проекций отдельных точек и прямых или при выяснении положения того или иного элемента на проекциях предмета строить эти линии обязательно.

Проецирование на три плоскости встречается и в обыденной жизни (см. рис. 7, *а*). Если бы нам удалось закрепить изображение на каждой плоскости трехстворчатого зеркала, то, развернув эти плоскости в одну, мы получили бы изображения лица в нескольких поворотах, среди которых легко уловить характерные черты.

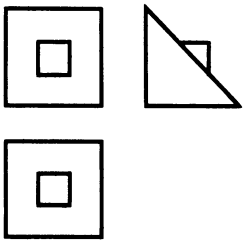


Рис. 107

Прямоугольные проекции дают возможность легко определять размеры предметов и их положения относительно плоскостей проекций, по ним нетрудно построить развертки предметов и решить ряд других задач. В этом несомненное достоинство метода прямоугольных проекций.

Но прямоугольные проекции недостаточно наглядны. Действительно, не имея навыка, не сразу представишь, что изображено на рисунке 107. Чтобы судить о форме изображенного предмета, надо сопоставить проекции одну с другой, мысленно преобразовать их в единый образ. В этом недостаток метода прямоугольных проекций.

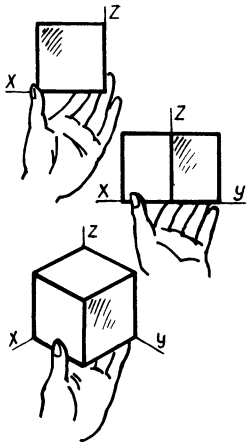


Рис. 108

Здесь на помощь приходят аксонометрические проекции. Они представляют собой наглядные и достаточно точные изображения предметов.

Чтобы понять, как получаются аксонометрические проекции, рассмотрим рисунок 108. Вначале куб поставлен так, что видна только одна грань. Если куб повернуть вправо или влево, увидим две его грани. При наклоне куба на себя увидим три грани (рис. 108). Последнее положение дает наиболее полное представление о форме куба. Такое наглядное изображение нетрудно получить на чертеже.

Так как выбор плоскостей проекций и положения предмета всецело в нашем распоряжении, то можно расположить их так, чтобы проекции были вполне наглядными.

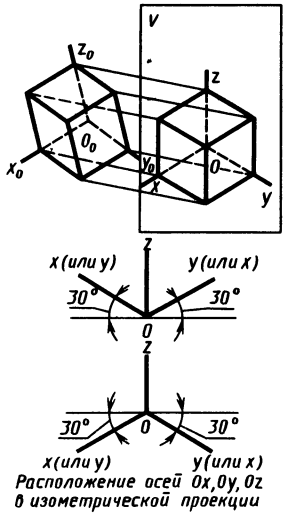


Рис. 109

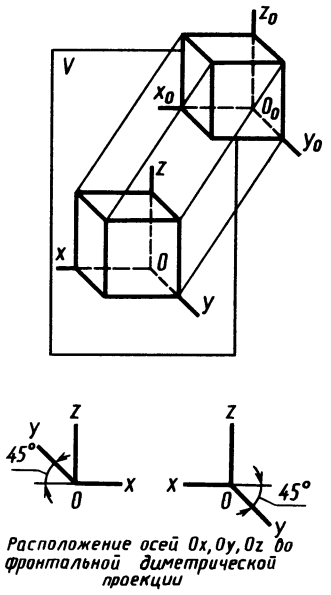


Рис. 110

Это может быть сделано методом прямоугольного (рис. 109) или косоугольного (рис. 110) проецирования.

Отсюда аксонометрические проекции бывают прямоугольные и косоугольные.

К косоугольной проекции относится фронтальная диметрическая проекция (сокращение одинаково только по двум осям), а к прямоугольной — изометрическая (сокращение по всем трем осям одинаково).

Построить такие изображения просто. Надо провести сначала оси (направление осей надо постараться запомнить), а затем откладывать по ним размеры длины, ширины и высоты самого предмета.

На рисунке 111 показано последовательное построение на осях изометрической проекции предмета, изображен-

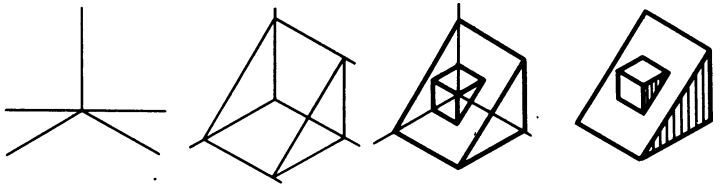


Рис. 111

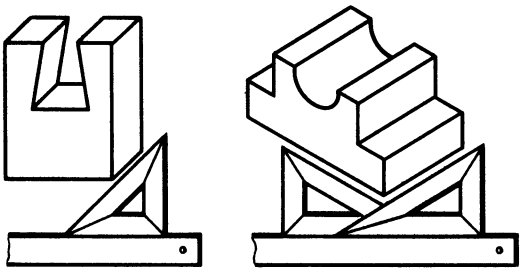


Рис. 112

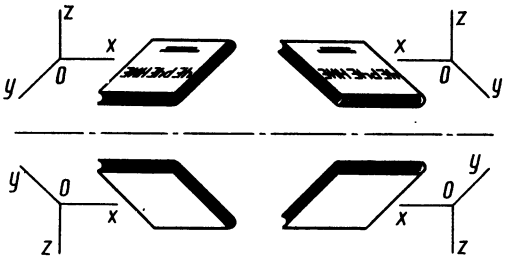


Рис. 113

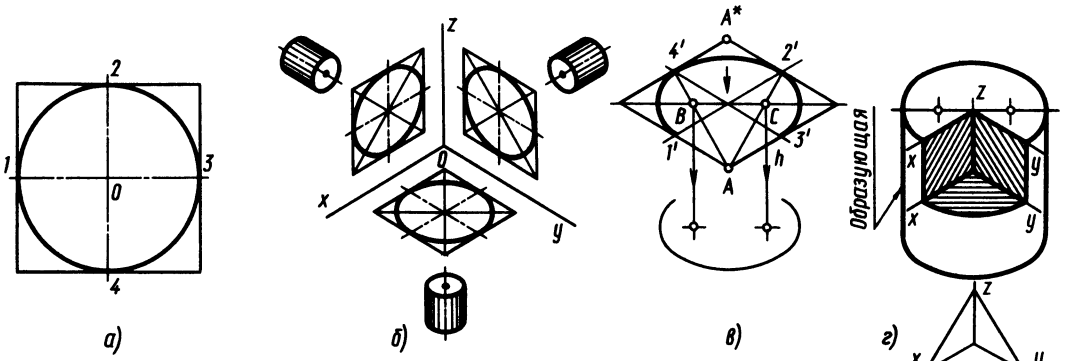


Рис. 114

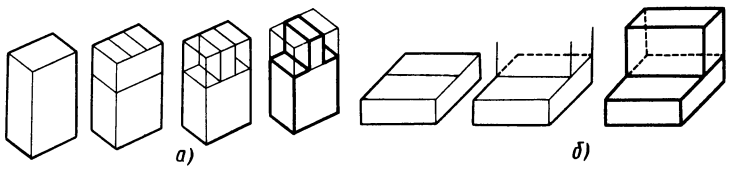


Рис. 115

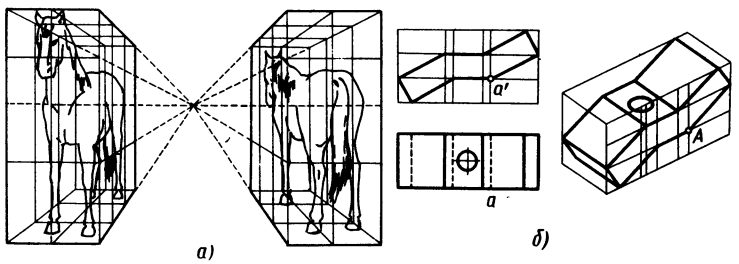


Рис. 116

ного на рисунке 107. Мы видим, что процесс построения наглядного изображения сводится в основном к измерению по осям. Отсюда и название этого вида изображения — «аксонометрическая проекция», где слово «аксонометрия» означает измерение по осям.

Как пользоваться угольником и линейкой при построении аксонометрических проекций, показано на рисунке 112.

Аксонометрия дает возможность изображать предмет с любой стороны. На рисунке 113 книга представлена во фронтальной проекции, но мы видим ее и сверху и снизу, корешком к нам и корешком от нас. Таким подбором можно добиться значительной выразительности изображения. Присмотритесь, как используются аксонометрические оси в каждом случае.

При изображении круглых тел приходится строить в аксонометрии окружность, которую представляют вписанной в квадрат (рис. 114, *а*). Расположив стороны квадрата параллельно изометрическим осям, мы увидим, что он изображается ромбом, а окружность — эллипсом, касательным к сторонам ромба (рис. 114, *б*). Большие оси всех трех эллипсов будут направлены по бóльшим диагоналям этих ромбов, малые оси — по меньшим.

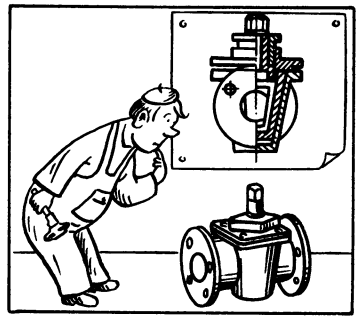
Так как эллипс строить трудно, его обычно заменяют овалом. Построение овала в изометрии дано на рисунке 114, *в*. Это овал, лежащий в плоскости, параллельной плоскости H. Другие овалы строят так же.

Если нужно построить овал, например, нижнего основания цилиндра, надо «опустить» центры A^*BC на расстояние, равное высоте цилиндра (а не строить новый ромб!). Разрез на предмете делают по осям x и y (но никак не по осям эллипса!). Направление штриховки показано на рисунке 114, *г*: откладывают на аксонометрических осях по единице (например, 10 мм) и получают направление штрихов для построения разрезов.

При построении наглядных изображений технических деталей поступают так. Вначале строят габаритную фигуру, затем удаляют «ненужные» части — прием вычитания (рис. 115, *а*). Можно построить наглядное изображение методом сложения, наращивания частей предмета (рис. 115, *б*), надо лишь быть внимательным к общей композиции изображения на поле чертежа и не выходить за габариты. Складывая или вычитая, удается во многом облегчить себе работу по построению технического рисунка.

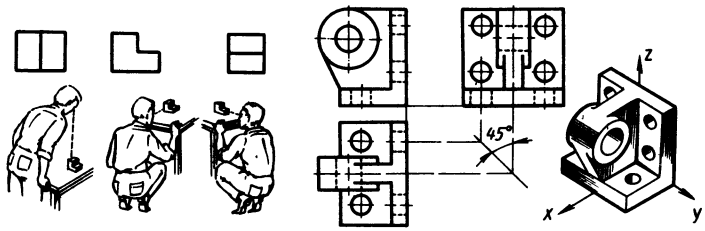
Для предметов с наклонными гранями или криволинейными поверхностями разумно применить «обертывающую» поверхность. Ее придумали итальянские художники

XVI века. Такой «обертывающей» поверхностью на рисунке 116, *а* является поверхность призмы, изображенной в перспективе. «Вписав» в призму лошадь, трудно допустить грубую ошибку при ее изображении на картине. То же можно сказать о технической детали, которую вы видите на рисунке 116, *б*.



О ПРАКТИКЕ ЧЕРЧЕНИЯ

На уроках труда и черчения вам часто приходится строить три проекции предмета с натуры, глядя на предмет спереди, сверху и сбоку. Так можно отобразить как простой по форме предмет (рис. 117, *а*), так и сложный (рис. 117, *б*). Может возникнуть вопрос: зачем нужен трехгранный угол, о котором шла речь ранее, и для чего в него помещать предмет, если при черчении обходятся без этого, нет ли здесь «расхождения» между теорией и практикой изображения. А если нет, то какая связь между отвлеченными понятиями и изображением конкретных объектов. Чтобы ответить на эти вопросы, начнем издалека, например с того, что отдельные приемы и правила черчения были найдены уже в глубокой древности и раз-



а) *б)*

Рис. 117

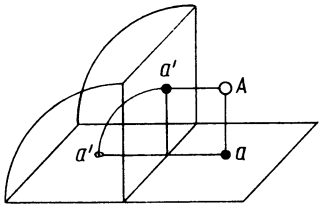


Рис. 118

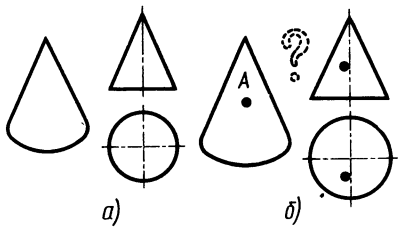


Рис. 119

вивались трудами множества ремесленников, строителей, художников и ученых. Люди стремились не только к накоплению готовых рецептов, правил, но и интересовались, откуда эти правила, старались доказать, почему они верны и справедливы не только для отдельных частных случаев, но и вообще справедливы, другими словами, выводили проекционные правила и путем наблюдений, и путем умозаключений.

Как известно, обобщил материал по теории и практике изображения пространственных тел на плоскости и положил начало развитию начертательной геометрии Г. Монж. Метод Монжа заключается в параллельном проецировании предмета на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций, которые после проецирования совмещаются в одну плоскость чертежа (третью плоскость проекций Монж не брал во внимание).

Монж считал, что тогда становятся понятными общие правила решения пространственных задач на плоскости. Рисунок 118, взятый фрагментом из книги Монжа «Начертательная геометрия», свидетельствует об этом.

Наблюдая натуру, во многих случаях легко сообразить, что будет представлять собой вид спереди и вид сверху, а также легко убедиться, что полученное решение задачи верно.

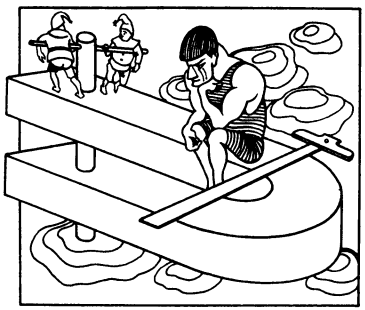
Например, очевидно, что две проекции конуса — треугольник и окружность (рис. 119, *а*). В подтверждение контурные очертания конуса можно даже обвести. Но попробуйте внутри конуса этого же конуса наметить точку (рис. 119, *б*). Угадать, где она находится невозможно, так как нет никакой уверенности, что поставленная точка будет лежать именно «НА» поверхности конуса. Она легко может оказаться «НАД» или «ПОД» ней. Чтобы решить эту задачу, надо выполнить несколько специальных построений.

Позже из книги вы узнаете, как строить проекции отдельных точек в системе взаимно перпендикулярных

плоскостей, как строить проекции отдельной точки на поверхности геометрических тел.

Помещая предмет в пространство трехгранного угла, мы можем проверить результаты наших наблюдений и сделать чертеж доказательным. Опытный конструктор так и поступает: он строит чертеж, рассматривая предмет спереди, сверху, сбоку и придерживаясь правил проецирования на три плоскости. Начинающие чертежники полагаются на свои зрительные впечатления и забывают проверить: «а как оно должно быть на самом деле?» Для этого мало видеть, надо научиться воображать, рассуждать, строить, и в этом помощник — начертательная геометрия, об основных законах которой мы поговорим позже.

А теперь попробуйте рассмотреть некоторые изображения.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЛЛЮЗИИ

При выполнении чертежей, технических рисунков, надписей вам полезно знать об оптических иллюзиях и о зависимости восприятия определенного сочетания линий от нашего психологического настроя.

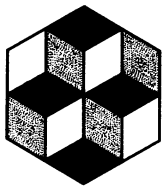


Рис. 120

Здесь можно выделить следующие случаи изображений: неоднозначные, парадоксальные, неопределенные, кажущиеся искаженными.

Неоднозначные изображения. При продолжительном рассматривании фигуры на рисунке 120 вам будут казаться выступающими вперед поочередно то два кубика вверху, то два кубика внизу. Вы можете вызвать то или иное представление по желанию (усилием воображения).

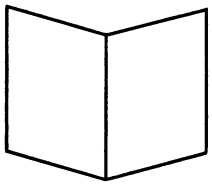
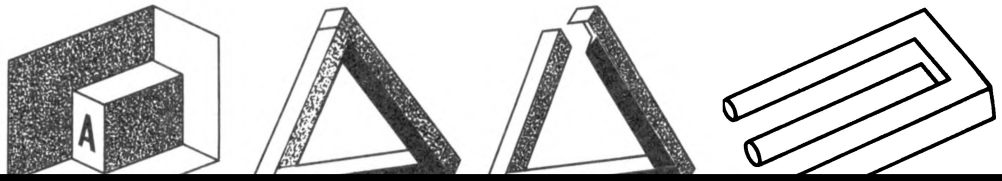


Рис. 121

На рисунке 121 дан другой пример. Здесь также возможны два решения: раскрытая книга обращена к нам то внутренней стороной, то внешней.

Или вот изображение, которое у нас на глазах может выворачиваться наизнанку (рис. 122). Вопреки нашему желанию параллелепипед с вырезом A может


A

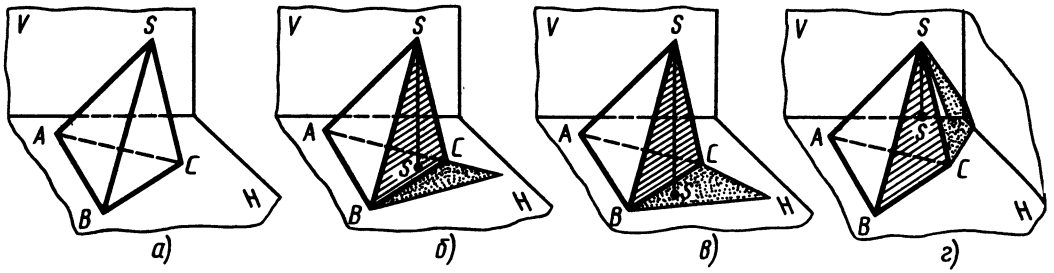


Рис. 127

ленно, отчего нельзя судить о форме пирамиды. На остальных трех изображениях эта неопределенность устранена добавлением вторичной проекции вершины — *s*. Сравнивая последние три изображения, легко видеть, что пирамиды на них различны: у одной — высота проходит внутри пирамиды, у двух других — вне, причем вершины *S* последней пирамиды лежит в плоскости *V*.

Фигуры, содержащие кажущиеся искажения. Мы воспринимаем видимые нами на изображении фигуры и их части не отдельно, а всегда в некотором соотношении с другими окружающими их фигурами, с некоторым фоном. Этот фон влияет на наше восприятие предмета.

Простой пример. Добавьте к горизонтальным линиям одинаковой длины (рис. 128, *а*) в одном случае наконечники, а в другом — оперения стрел. Длина отрезков зрительно изменится: первая станет меньше, вторая — больше.

На рисунке 128, *б* квадрат после присоединения к нему двух полуокружностей кажется прямоугольником. Каким же образом такие простые и понятные фигуры «обманывают» наш глаз?

Сравнивая две фигуры, из которых одна действительно меньше другой, мы ошибочно воспринимаем все части меньшей фигуры ме́ньшими, а все части большей фигуры — бо́льшими. Мы как бы говорим себе: «Целое больше,— значит, больше и его части».

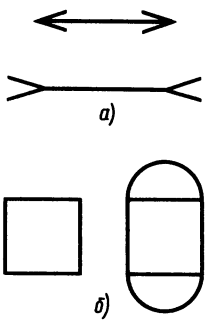


Рис. 128

На рисунке 129 показаны некоторые случаи «обмана зрения», встречающиеся в черчении. Высота треугольников разделена пополам, хотя кажется, что части, прилегающие к вершине, короче. Равные расстояния *AB*, *FE*, *CD* кажутся неравными. Сторона треугольника кажется меньше стороны квадрата, а сторона квадрата меньше стороны пятиугольника. Окружности, изображенные сплошными линиями, имеют одинаковые диаметры, но на чертеже они кажутся разными. Две одинаковые дуги кажутся неравными из-за того, что штриховка верхней дуги дана с внешней стороны, а штриховка нижней дуги — с внутренней. Ширина

букв *H* и *M* одинакова, но создается впечатление, что они разные.

Чтобы хорошо читать чертежи и разбираться в них, надо научиться представлять по заданным проекциям спроецированный предмет.

Попробуйте решить несколько задач.

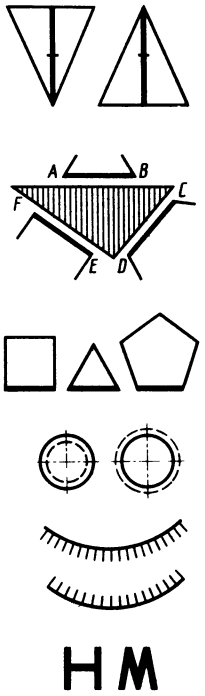


Рис. 129

17. У мальчика в руке было четыре монеты. Он выпустил их по очереди на песок при различных положениях руки. Расположение ног мальчика и монет на песке изображено на рисунке 130.

Скажите, при каком положении руки была выпущена каждая монета.

18. Мальчик стоит в комнате и освещен таким образом, что от него падают тени на две стены (рис. 131). По расположению теней на рисунке 132 определите положение мальчика в комнате.

Особенно любопытно положение *3*. Тени на стенах нет, но мальчик в комнате. Какое положение он занимает?

19. Решить задачу 4*.

20. Рассматривая задачу 4* с точки зрения проекционного черчения, скажите, что в примере явилось:

1) плоскостью проекций; 2) оригиналом; 3) проекциями; 4) проецирующими лучами.

21. Может ли прямая линия иметь кривую тень и, наоборот, кривая линия — прямую тень?

22. Вы сделали фотоснимок, проявили пленку, получили негатив и с него фотокарточку (рис. 133).

Чем является негатив: проекцией или оригиналом? Подумайте хорошенько.

23. Можно ли по этим рисункам определить, на каком из них столбики освещены солнцем, а на каком — фонарем (рис. 134)?

24. На рисунке 135 художник забыл изобразить фонарь. Можете ли вы указать место его расположения?

25. Греческий мудрец Фалес определил в Египте высоту пирамиды с помощью... тени. Сможете ли вы пояснить, как по тени предмета определить высоту самого предмета?

26. Решите задачу 3*.

27. На какие поверхности падают тени от предметов, показанных на рисунке 136?

28. Что можно сказать о форме этих двух ключей (рис. 137)?

29. В определенное время года в поле или на склоне горы, например, можно увидеть такие следы (проекции) (рис. 138). Какими предметами они оставлены?

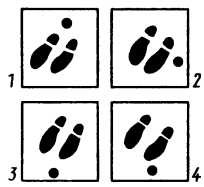
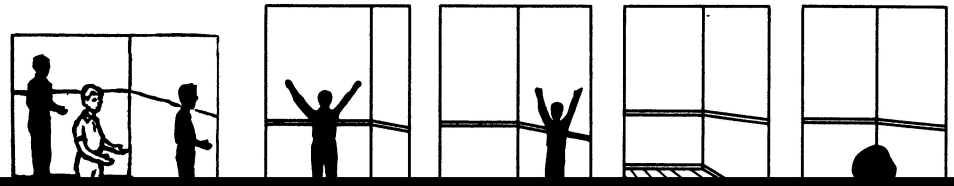


Рис. 130



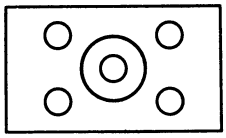


Рис. 142

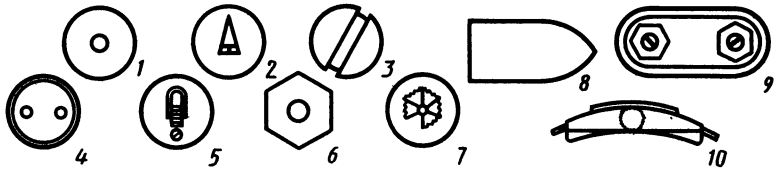


Рис. 143

40. На дно ящика с квадратным основанием плотно уложено девять бильярдных шаров. На этот слой в углублениях положен второй слой, а в его углублении — третий слой.

Сколько шаров в ящике?

Рис. 144

41. На урок черчения преподаватель принес предмет и поставил его на видное место. Контур этого предмета для всех учеников был одним и тем же.

Что это был за предмет?

42. Куб, окрашенный со всех сторон, распилили на маленькие кубики, как показано на рисунке 149.

1) Сколько получится кубиков совсем не окрашенных?

2) У скольких кубиков окрашенной будет одна грань?

3) У скольких кубиков будут окрашены две грани?

4) У скольких кубиков окрашенными будут три грани?

5) У скольких кубиков окрашенными будут четыре грани?

Рис. 145

43. С большинством из этих предметов вы встречаетесь каждый день и не один раз (рис. 150).

Узнайте их по проекциям!

44. Попробуйте сообразить, какое из этих изображений является проекцией ключа, а какое — проекцией отверстия замка (рис. 151). И еще: можно ли ключ вставить в отверстие замка?

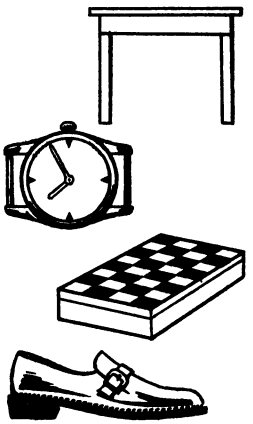


Рис. 148

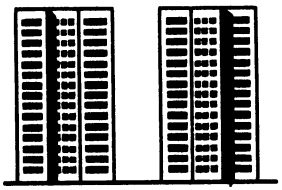


Рис. 146

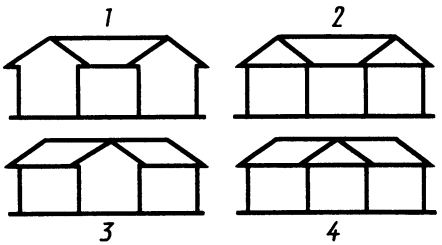


Рис. 147

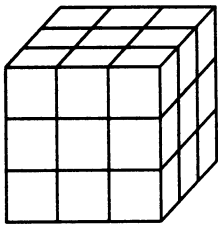


Рис. 149

45. Какие аксонометрические проекции книги представлены на рисунке 152? Попробуйте выявить положения их осей в каждом случае.

Если некоторые из представленных аксонометрических проекций вам неизвестны, установите примерное положение осей и для них.

(В дальнейшем вам нередко придется выполнять аксонометрические изображения. Вы можете в таких случаях всегда подобрать из данного набора нужный образец.)

46. Обман зрения при рассматривании рисунков представляет большой интерес для художников, конструкторов. Рассмотрим несколько примеров (рис. 153).

1) Что перед вами: ваза или два силуэта в окне?

2) Высота цилиндра кажется больше диаметра. Так ли это?

3) Дано изображение двух женщин, старой и молодой. Черты лица старой женщины представлены полнее, чем молодой, но, в конце концов, оказывается видным и молодое лицо. Найдите его.

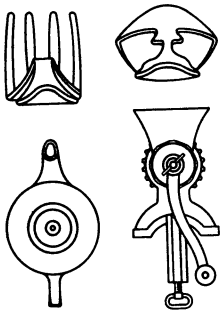


Рис. 150

4) Одинаковы ли расстояния AB и BC во всех четырех случаях, представленных на рисунке? Возьмите масштабную линейку или циркуль и проверьте, правы ли вы.

5) Одинаковы ли верхняя и нижняя фигуры на данном рисунке?

6) Одинаковы ли эти кружки?

7) Расположите плоскость листа на уровне глаза. Все ли буквы кажутся одинаково черными? Поверните надпись на 45° и 90°. Как теперь?

47. На рисунке 154 даны три проекции и аксонометрическое изображение детали. Беря по порядку цифры с прямоугольных проекций и заменяя их буквами с соответствующих элементов аксонометрического изображения, прочитайте, кому принадлежат слова: «Где крик, там нет истинного знания».

48. Таким же способом, как и в задаче 48, используя проекции и аксонометрическое изображение, представленные на рисунке 155, прочитайте: что такое чертеж?

49. На рисунке 156 изображено 16 предметов в прямоугольных проекциях. На рисунке 157 эти же предметы изображены в аксонометрической проекции. Беря по порядку номера с прямоугольных проекций и заменяя их словами, помещенными около соответствующего аксонометрического изображения, прочитайте, что такое начертательная геометрия.

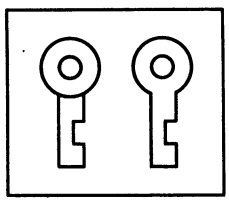


Рис. 151

50. На рисунке 158 сделано наоборот: цифры нанесены на аксонометрическом изображении, а буквы — на прямоугольных проекциях. Прочитайте одну из поговорок знаменитого русского полководца.

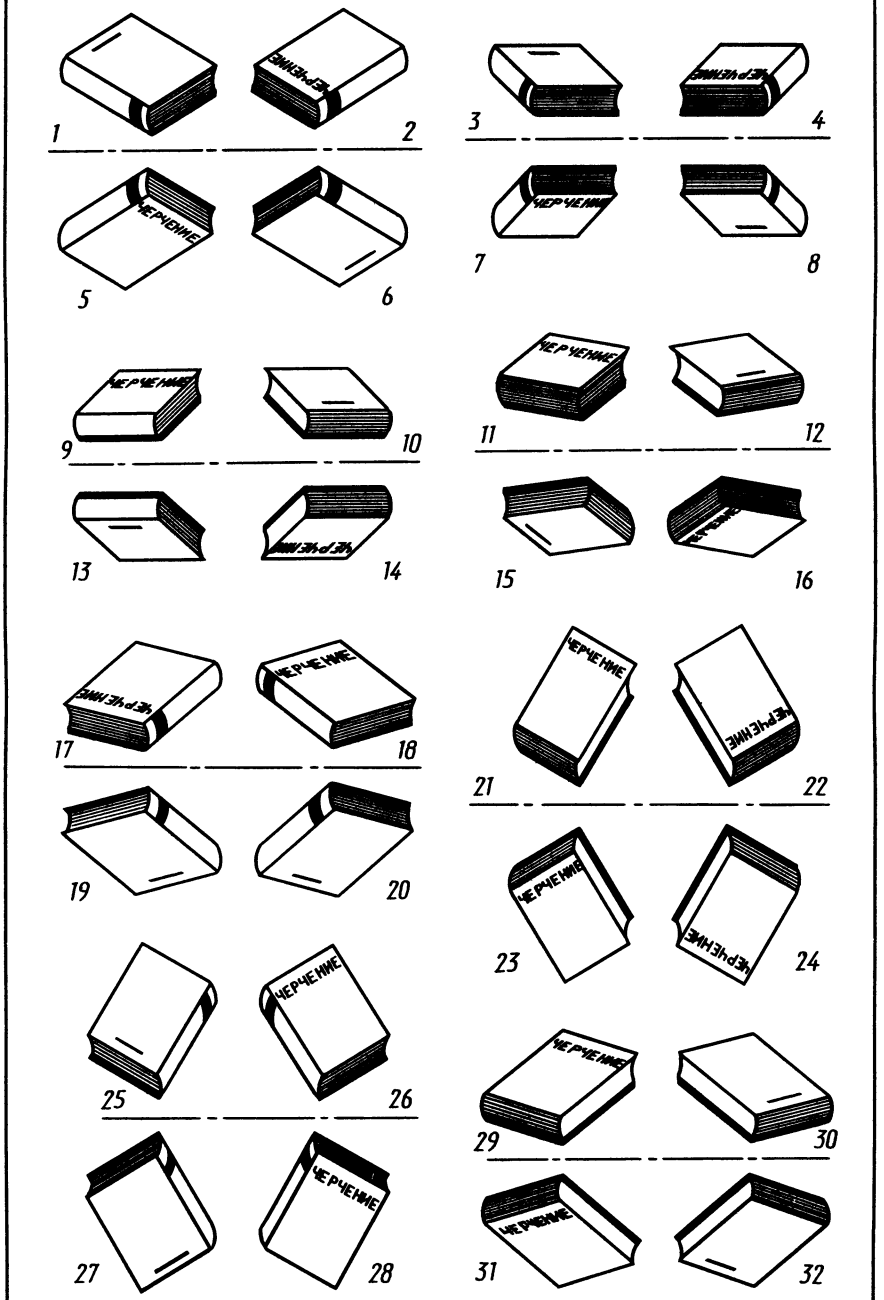

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

Рис. 152

Рис. 153

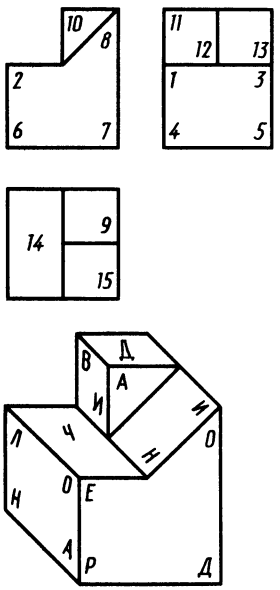


Рис. 154

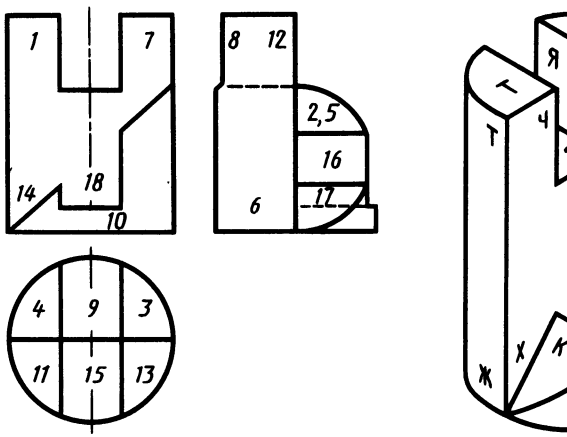


Рис. 155

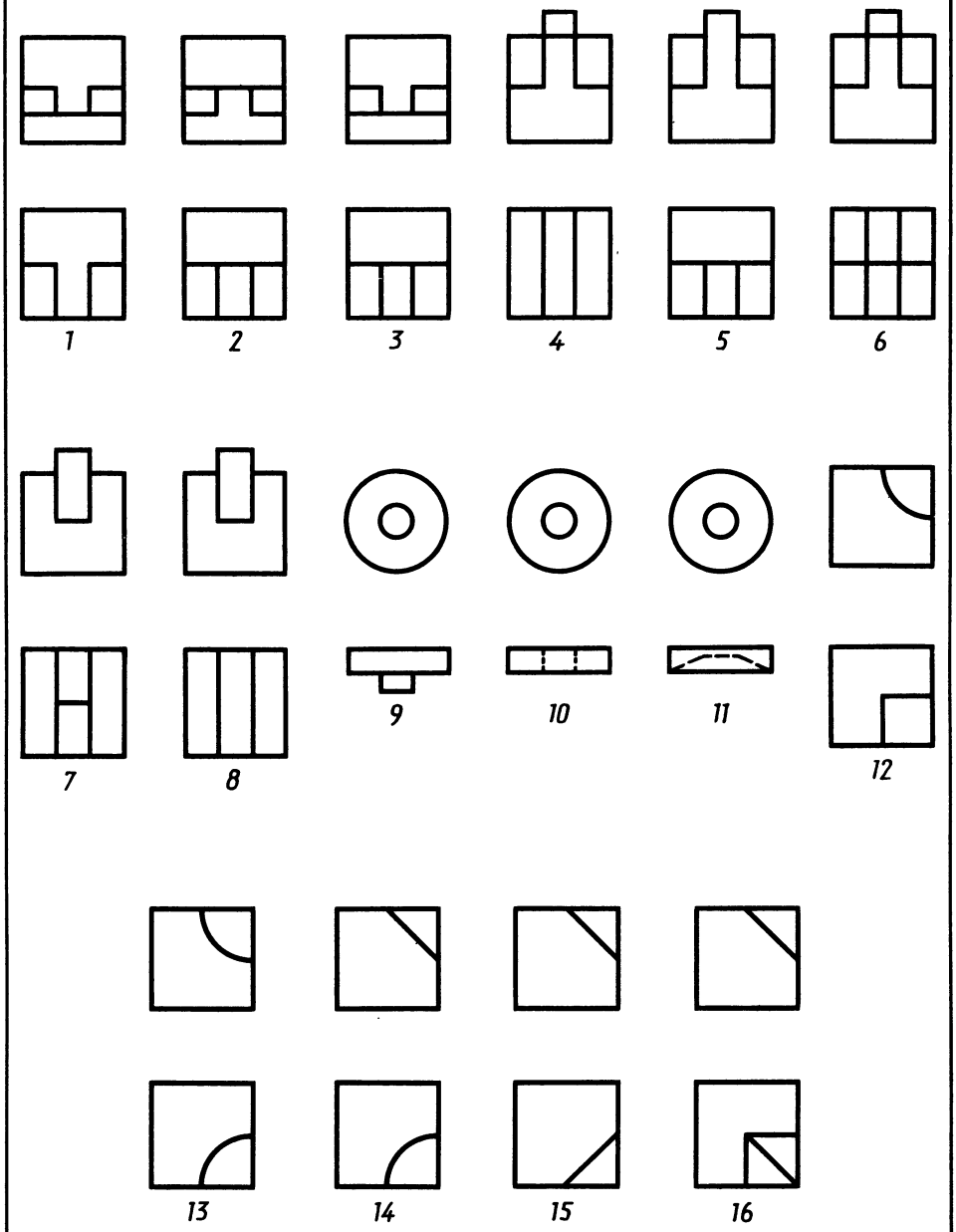
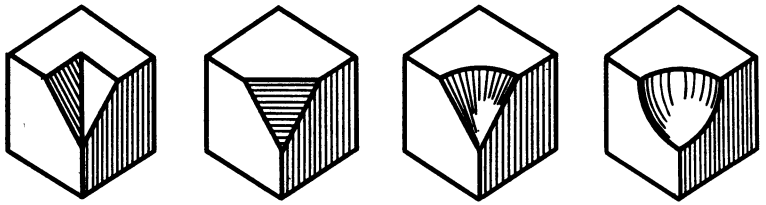


Рис 156

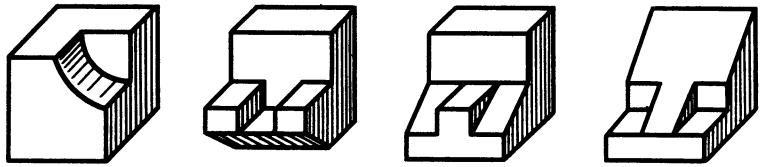


элементами всякого изображения

одними только линиями и точками, как

в качестве слов

мысли, пользуясь

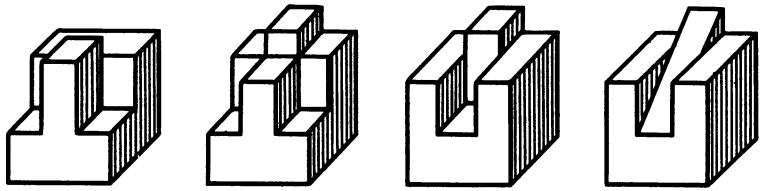


наши собственные

техники,

является языком

Если чертеж

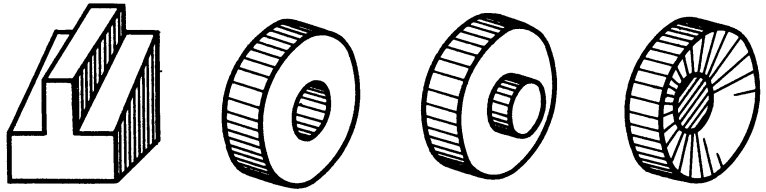


всем образованным народам,

то начертательная геометрия

служит грамматикой

этого мирового языка,



одинаково понятным

нас правильно читать чужие

так как она учит

и излагать на нем

Рис 157

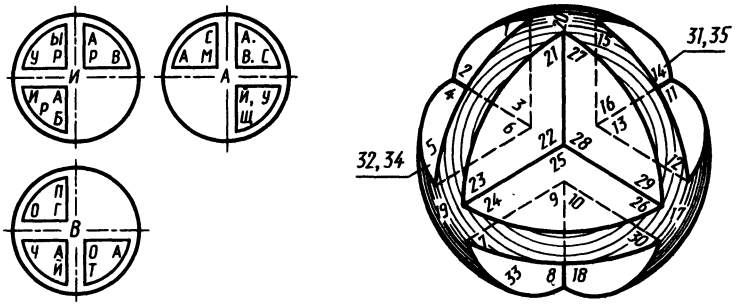
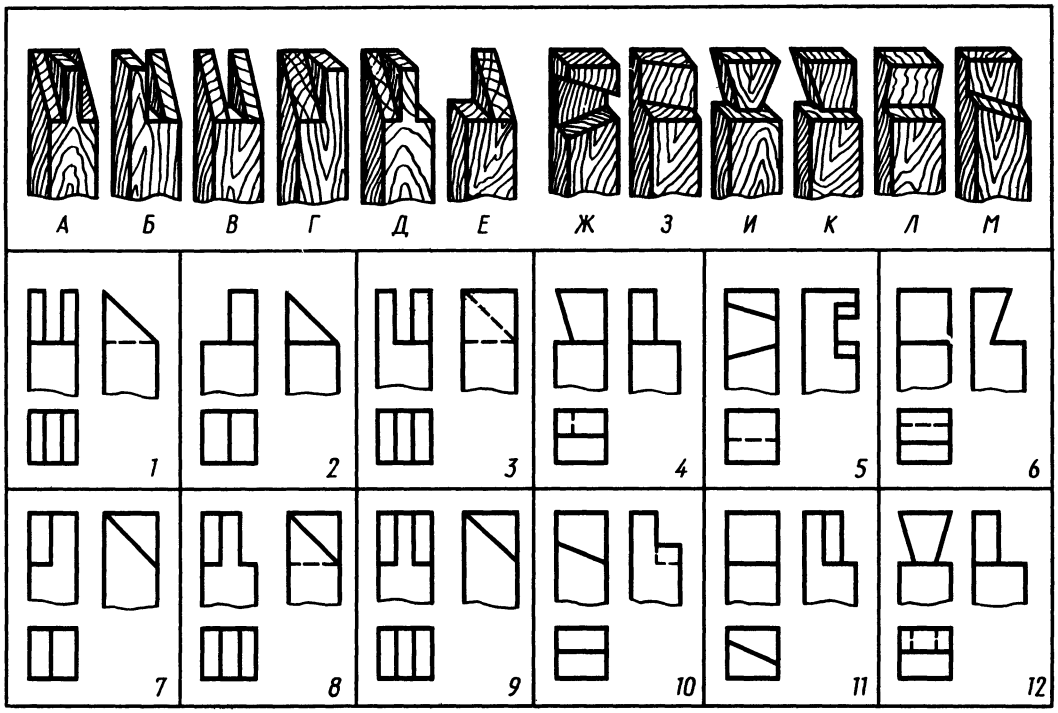


Рис. 158



Рисунки	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М
Чертежи												

Рис. 159

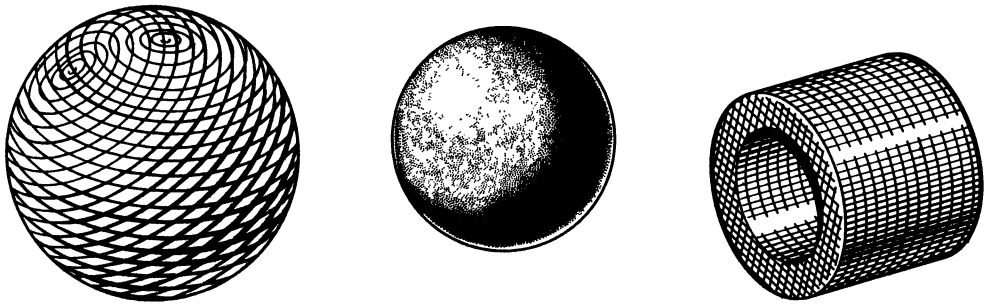


Рис. 160

51. По техническим рисункам деталей найдите их чертежи. Ответ запишите в таблицу (рис. 159).

52. Покажите свое искусство копировать технические рисунки, выполненные с оттенением шрафировкой и точками (рис. 160).

КОНСТРУКТОРСКАЯ СМЕКАЛКА

Конструктор — творец нового. Он превращает свой замысел в чертежи, по которым в цехах заводов строят станки, машины, механизмы и др.

Чтобы внести в конструкцию детали или механизма какое-либо ценное, оригинальное усовершенствование, конструктор должен знать начертательную геометрию, теорию машин и механизмов, сопротивление материалов и другие специальные науки; должен уметь пользоваться различными справочниками, таблицами, стандартами и обладать конструкторской смекалкой. Конструктор без смекалки повторяет лишь то, что было создано другими.

Для тех, кто приступает к изучению черчения, также важно развивать в себе конструкторскую смекалку,

Рис. 161

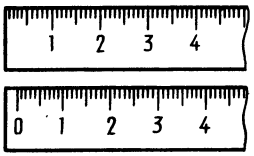


Рис. 162

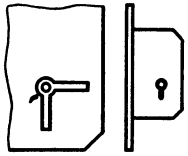


Рис. 163

Рис. 164

так как извлечение из чертежа данных о форме и размерах предмета не решает дела до конца. При чтении чертежей всегда нужно видеть возможность дальнейшего совершенствования интересующего нас предмета, улучшения способа его изготовления, наладки и прочее. Для этого же только знаний о проекциях недостаточно.

Решите несколько задач.

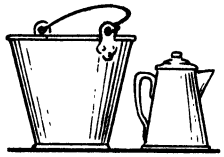


Рис. 165

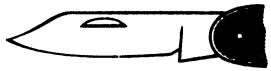


Рис. 166

●

53. Зачем на шляпке гвоздя делают рисунок в виде сетки, а под ней на стержне несколько рисок (рис. 161)?

54. Какая из двух линеек, изображенных на рисунке 162 деревянная, а какая — стальная?

55. Почему таким странным сделано отверстие для ключа в замке, изображенном на рисунке 163?

56. Почему носики обыкновенных чайников оканчиваются не прямым срезом, а в виде топорной зарубки (рис. 164)?

57. Почему коническое ведро делают бóльшим основанием вверх, конический кофейник или кувшин, наоборот,— вниз (рис. 165)?

58. Зачем в основании лезвия перочинного ножа делают небольшую канавку (рис. 166)? В рисунке есть ошибка. Найдите ее.

59. Почему электролампы транспортных машин (рис. 167) имеют цоколь со штырьками, а не с резьбой, как большинство ламп?

60. Почему у гаечного ключа головка повернута относительно оси рукоятки (рис. 168)?

61. Зачем у слесарного молотка ударная поверхность сделана выпуклой, а отверстие — расширяющимся по краям (рис. 169)?

62. Ножки тяжелой мебели снабжены роликами. Почему ось роликов смещена (рис. 170)?

63. Перед вами посуда (рис. 171). Почему у бутылки с водой горлышко у́же, чем у бутылки с молоком?

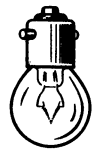


Рис. 167

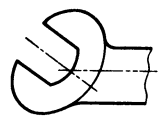


Рис. 168

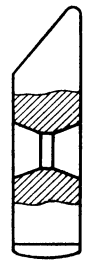


Рис. 169

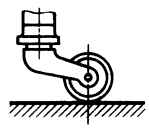


Рис. 170

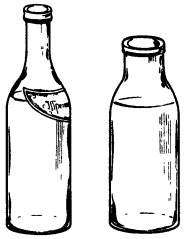


Рис. 171

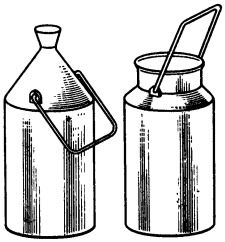


Рис. 172

Рис. 173

А как объяснить картину с горлышками бидонов (рис. 172)? Для чего предназначен бидон с узким горлышком?

64. Обращали ли вы внимание, что дно чайной и столовой посуды (рис. 173) сделано не плоским, а имеет кольцевой выступ?

Попробуйте объяснить его назначение.

65. Топор совершенствуется с того дня, когда человек впервые взял в руки камень, чтобы разрубить им какой-то предмет Но одно в топоре остается неизменным — это криволинейность лезвия (рис. 174). Чем это объяснить?

66. Почему стол опирается в четырех точках, а предметы на рисунке 175— в трех?

67. Казалось бы, лопата — она и есть лопата. Но и ее конструирование подчиняется определенным правилам.

Скажите, почему у одной лопаты окончание сделано прямоугольным, у другой — полукруглым, у третьей — остроконечным (рис. 176).

68. И стул, и парковая скамейка сделаны из дерева, а отдыхать удобнее на скамейке. Почему?

69. 1) Можно ли по рисунку определить, где у двери низ, а где верх (рис. 177)? То же с окном (рис. 178).

2) Стеклянные банки различной емкости имеют горловины одинаковых размеров (рис. 179). Хорошо это или плохо?

70. В заключение несколько усложним задачу о топоре, которую, надеемся, вы решили.

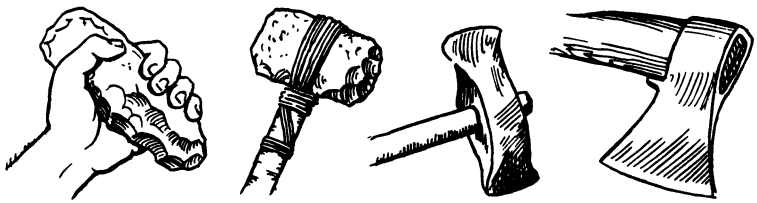


Рис. 174

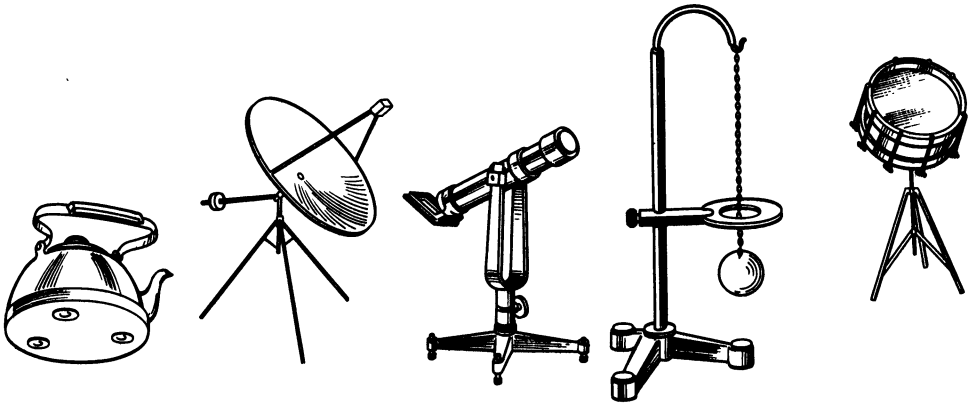


Рис. 175

На современных чертежах топоров указывают конкретные радиусы кривизны лезвия (рис. 180):

лезвие топора более кривое, чем лезвие колуна (сравните R 120, R 140 и R 300);

топор очерчен разными радиусами (R 120 и R 140) и не симметричен (сравните размеры 51, 118 и 60, 120). Такое различие не случайно. Попытайтесь его объяснить.

Все эти задачи вы решали без каких-либо геометрических построений.

Для того чтобы научиться выполнять простейшие операции с проекциями, вы должны познакомиться с основными законами начертательной геометрии.

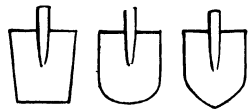


Рис. 176

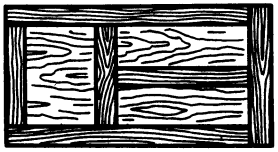


Рис. 177

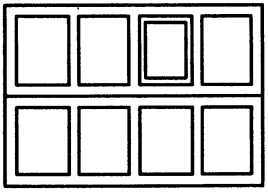


Рис. 178

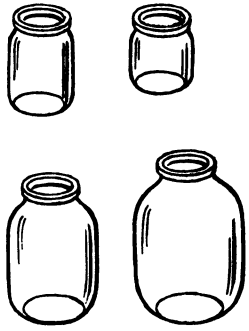


Рис. 179

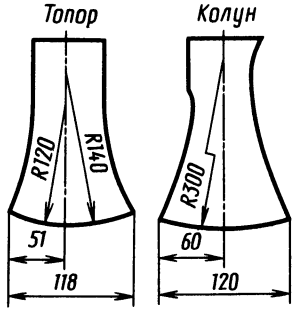
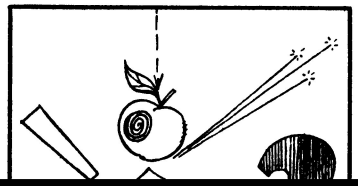


Рис. 180



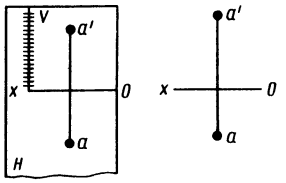
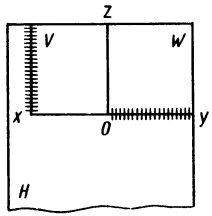
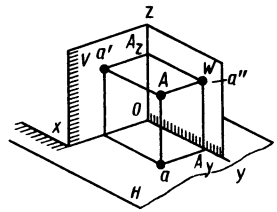


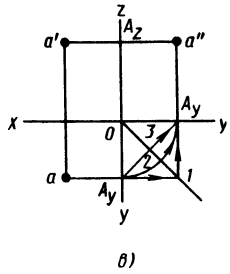
Рис. 184



а)



б)



в)

Рис. 185

Иначе говоря, по заданной проекции a нельзя определить, какая точка пространства служит для этой проекции оригиналом (рис. 182). Для определения положения точки в пространстве нужна вторая проекция.

На Петькину беду в театре был только один балкон. Это дополнительное обстоятельство позволило уже точно определить место, откуда упало яблоко, а в сидевшем там Петьке признать действительного виновника происшествия.

В черчении для получения двух проекций, определяющих положение точки в пространстве, применяют две взаимно перпендикулярные плоскости проекций: уже знакомые нам плоскости H и V (рис. 183).

Нетрудно догадаться, как найти проекции точки A на эти плоскости.

Для этого достаточно из точки A опустить перпендикуляры на плоскости H и V. Основание перпендикуляра (a) на плоскости H будет горизонтальной проекцией точки A, в основании перпендикуляра (a') на плоскости V — вертикальной проекцией.

И наоборот, для того чтобы найти в пространстве точку A, необходимо восставить перпендикуляры из точек a и a'. Их пересечение определит положение искомой точки A.

Если развернуть эти плоскости, как показано на рисунке 184, получим изображение, называемое в черчении эпюром.

Рассматривая эпюр на рисунке 184, мы сможем отметить очень важное свойство проекций одной точки: они

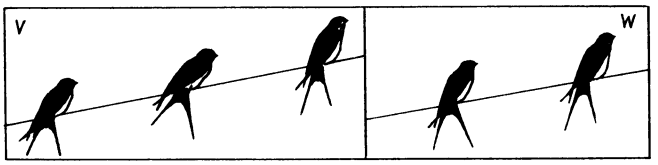


Рис. 186

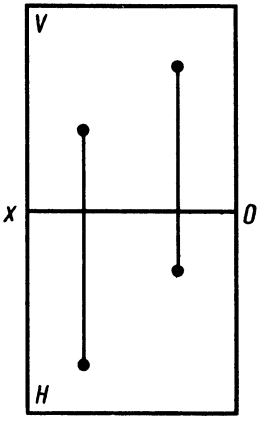


Рис. 187

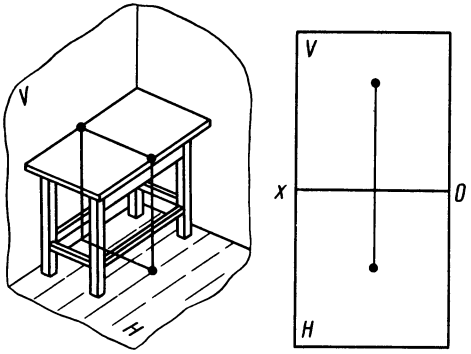


Рис. 188

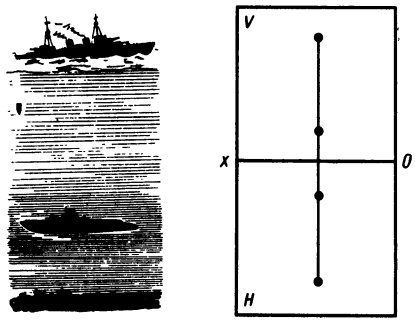


Рис. 189

лежат на одной линии, перпендикулярной к оси проекций Ox.

Расстояние от точки a' до Ox есть расстояние от самой точки до плоскости H, а расстояние от точки a до Ox есть расстояние от точки A до плоскости V. В этом вы можете убедиться на модели двугранного угла.

Для изготовления модели трехгранного угла надо сделать на листе бумаги не один, а два надреза по насечкам, как показано на рисунке 185, *а*. Научиться по двум проекциям точки строить третью несложно. Для этого проводят линии связи $a'A_z$ и A_za'', перпендикулярные оси Oz, и линии связи a A_y и A_ya'', перпендикулярные оси Oy (рис. 185, *б*). При развороте плоскостей проекций в одну плоскость ось Oy как бы раздваивается. Это дает нам право точку Ay «перенести» по одному из трех способов (рис. 185, *в*): с помощью прямой чертежа *1*, дуги *2* или диагонали *3*, что определяется удобствами построения.

Попробуйте решить несколько задач, связанных с проекциями точки.

●

71. Скажите, какая из трех ласточек не изображена на плоскости W (рис. 186).

72. На эпюре (рис. 187) точками изображены проекции головы мальчика на полу и стене комнаты. Скажите, в каком случае мальчик сидит, а в каком стоит. Когда он ближе к стенке? Попробуйте изобразить это на рисунке.

73. На краю стола лежит резинка. Это положение резинки изображено на эпюре (рис. 188). Резинка упала на пол. Изобразите на этом же эпюре резинку в момент, когда она коснулась пола.

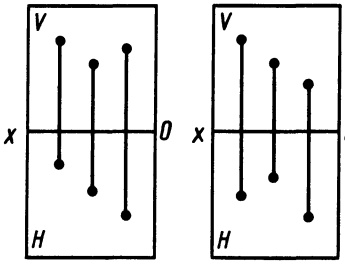


Рис. 190

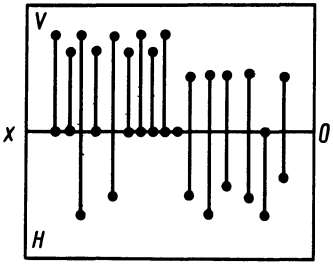


Рис. 191

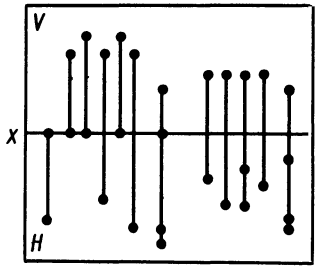


Рис. 192

74. С корабля сбросили глубинную бомбу (рис. 189). На эпюре в виде точек показаны положения проекций корабля и лодки. За плоскость H при этом принято дно моря.

Угрожает ли опасность подводной лодке?

75. На эпюрах (рис. 190) даны проекции голов трех учеников на полу и стене.

Как вы думаете, мешает ли средний ученик двум крайним видеть друг друга (левый эпюр)? А в другом случае (правый эпюр)?

76. На эпюре (рис. 191) зафиксировано положение бильярдных шаров относительно стены и пола комнаты. Определите, сколько шаров находится на полке, укрепленной на стене, сколько на бильярдном столе, на полу, сколько в руках у одного из играющих.

Спустя некоторое время положение шаров резко изменилось (рис. 192). Где теперь находятся шары, если известно, что часть из них оказалась в лузах?

77. Возьмите модель трехгранного угла, и пусть в нем кончик карандаша играет роль точки A (рис. 193).

Пометьте на модели последовательно горизонтальную a, фронтальную a' и профильную a'' проекции.

Убрав карандаш, найдите точку A в пространстве по двум ее проекциям a и a', затем по a и a'' и, наконец, по a' и a''.

По двум проекциям точки A найдите ее расстояние до всех трех плоскостей проекций.

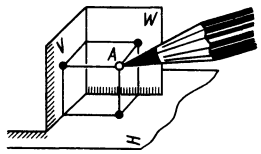
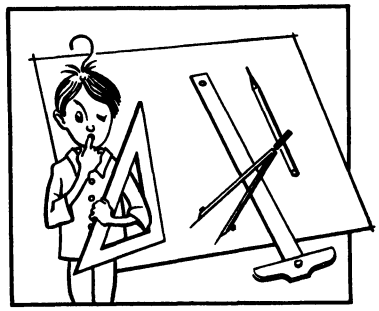


Рис. 193



ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ В РЕАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Рассмотрим рисунок 194. Здесь положение точки на всех конструкциях определено. Но точка может задаваться и на поверхности. Как построить ее проекцию? Обратимся к задаче: надо достроить дымовую трубу на виде спереди дома, т. е. найти точку встречи ребра трубы со скатом крыши (рис. 195).

а) Пусть заданы две проекции дома с недостроенной трубой на виде спереди.

б) Проводят оси z и y и постоянную прямую чертежа.

в) На виде сверху намечают три точки a, b, c. Точки a и b — проекции края ската крыши, точка c — проекция точки встречи ребра трубы со скатом крыши.

г) Находят третью проекцию ската крыши — точки a'', b''. Соединяют их прямой, на которой находят точку c''.

д) По двум проекциям c и c'' точки находят c' (то есть по горизонтальной и профильной проекции находят фронтальную проекцию искомой точки C).

е) Завершают задачу достраиванием дымовой трубы на виде спереди дома.

●

78. Дано аксонометрическое изображение дома (рис. 196), отнесенное к плоскости проекций V, H, W, и его чертеж в трех проекциях (рис. 197).

Сможете ли вы на чертеже правильно проставить буквенные обозначения проекций точек A, B, D, E, G, F, T, N (для образца проекции точек M, S и R обозначены)?

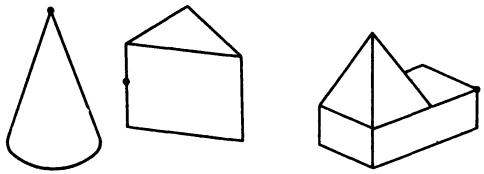


Рис. 194

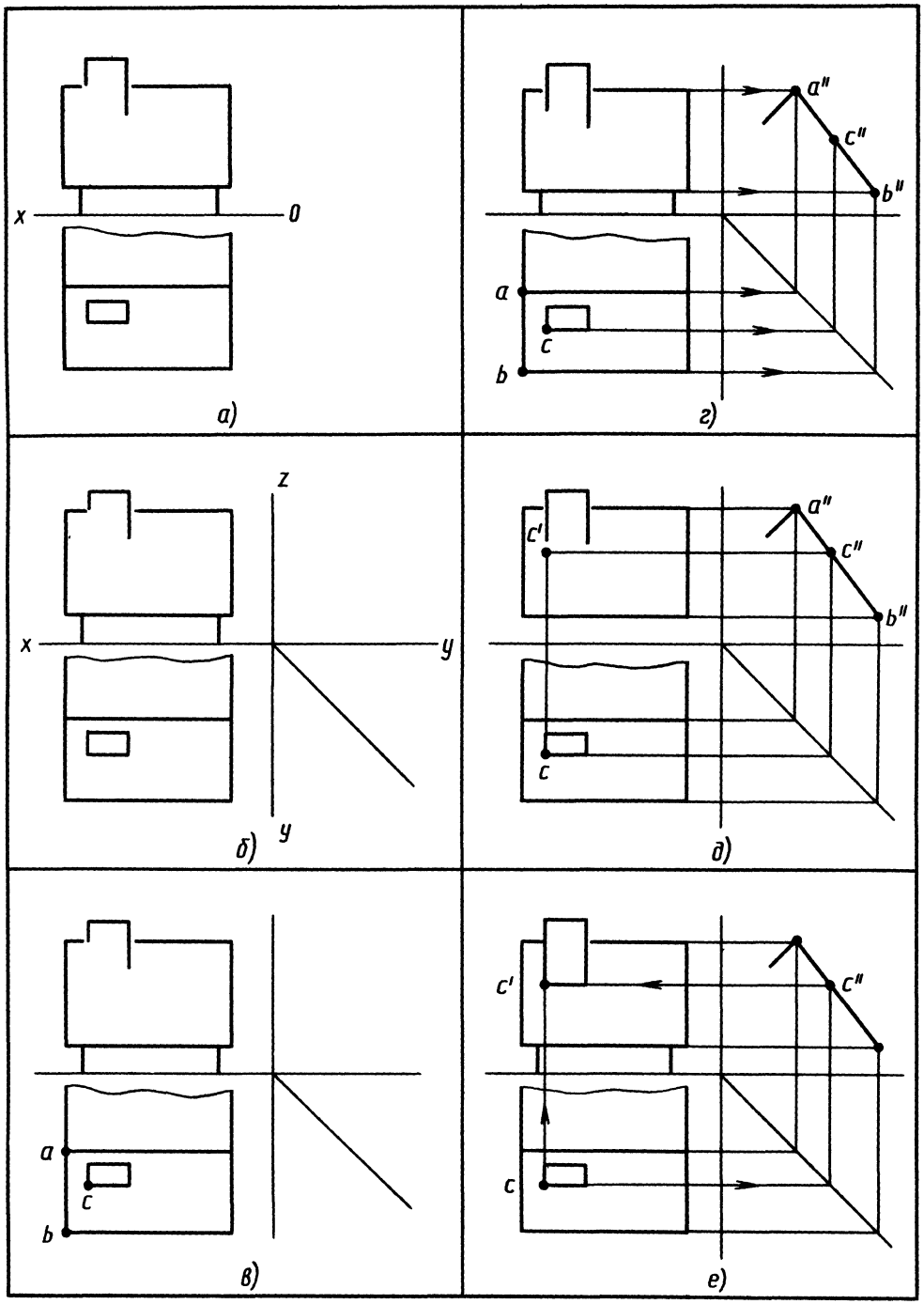


Рис. 195

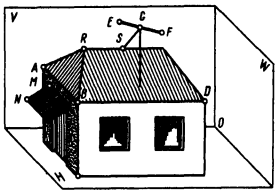


Рис. 196

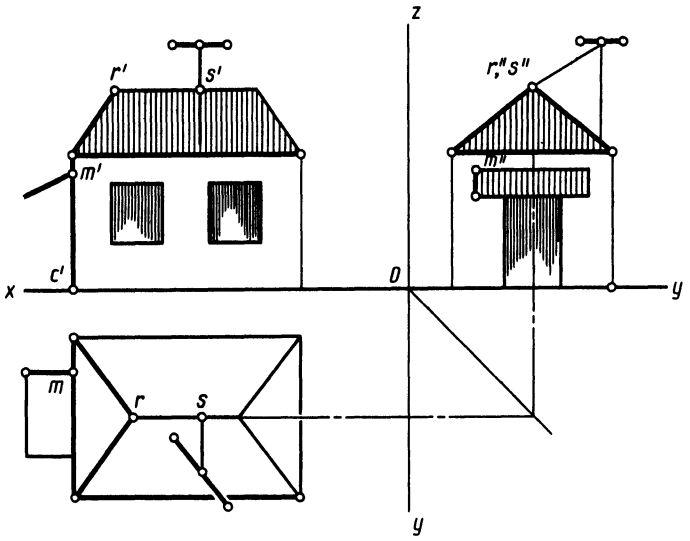


Рис. 197

79. Найдите на виде спереди, сверху и сбоку каждого предмета проекции четырех выделенных точек (рис. 198). Обозначьте их цифрами *1, 2, 3, 4.*

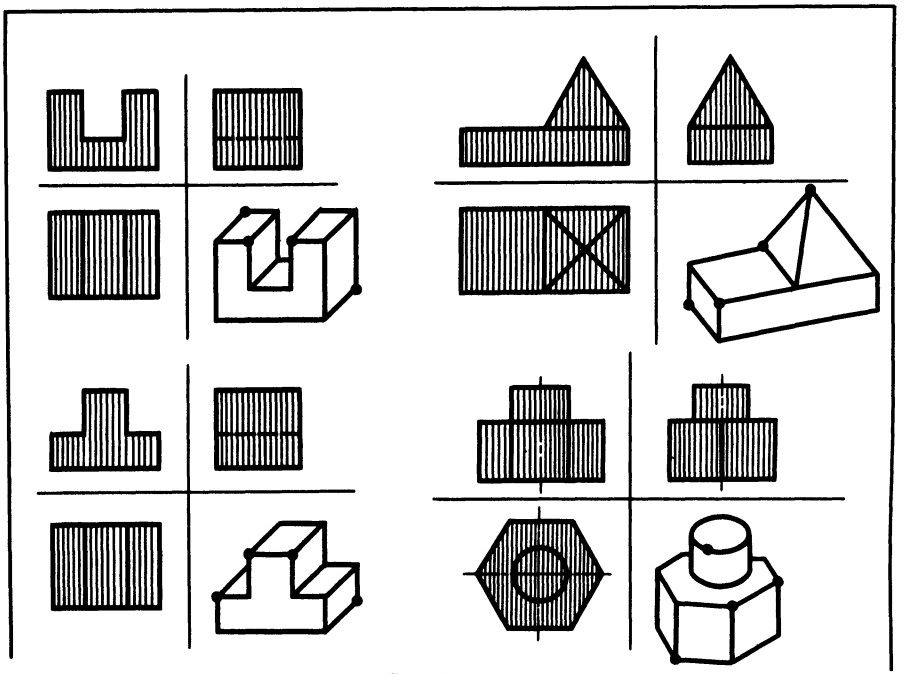


Рис. 198

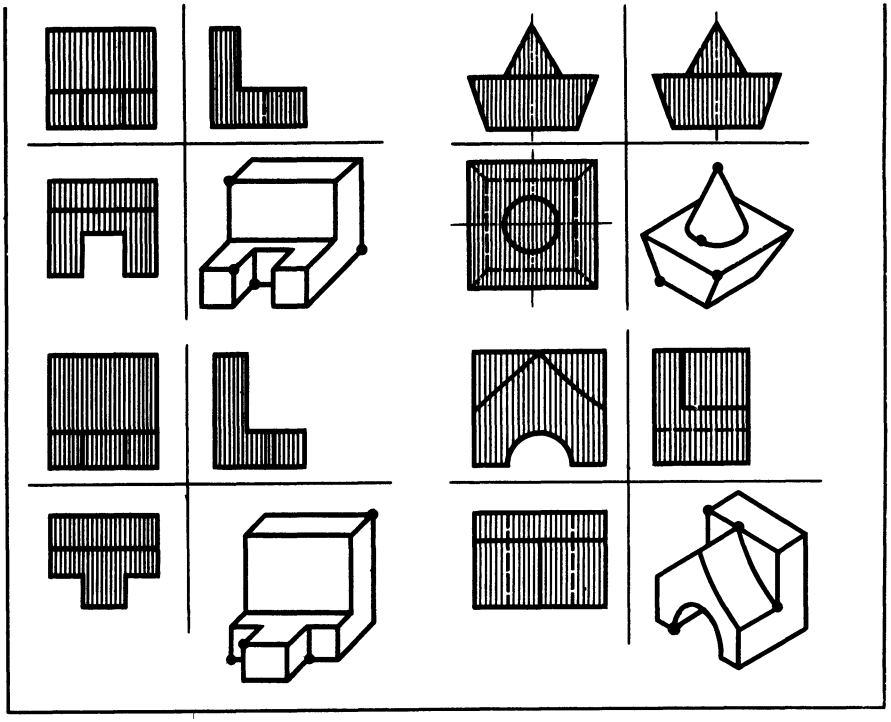


Рис. 198 (продолжение)

КОГДА ПРЯМАЯ «ПРЕВРАЩАЕТСЯ» В ТОЧКУ

Рассматривая способы проекций, мы отметили, что для получения проекции какого-либо тела нужно спроецировать на плоскость все его точки. Это в полной мере относится и к прямой линии.

Представьте себе крышу дома, с которой в безветренную дождливую погоду стекают струйки воды (рис. 199). Эти струйки падают по всему краю крыши на участке AB и образуют на земле заметные следы. Если этих струек будет бесчисленное множество, они сольются в одну водяную плоскость, которая, пересекаясь с землей, образует сплошную дорожку. Точно так же можно получить проекцию прямой на плоскость.

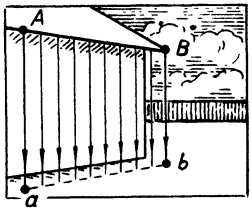


Рис. 199

Чтобы спроецировать отрезок AB на плоскость H, нужно опустить на эту плоскость перпендикуляр из всех точек отрезка AB (рис. 200). Эти перпендикуляры образуют некоторую плоскость, назовем ее плоскостью P.

Как известно из геометрии, плоскость P пересечет плоскость H по прямой линии, а отрезок ab будет проекцией отрезка AB на плоскость H.

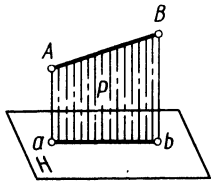


Рис. 200

Отсюда можно сделать вывод: проекция прямой в общем случае есть прямая.

Плоскость P, с помощью которой получена проекция отрезка прямой (ab), называется проецирующей плоскостью, так как она как бы составлена из бесчисленного количества проецирующих прямых.

Как известно, положение прямой линии в пространстве определяется положением двух любых ее точек. Следовательно, чтобы построить проекцию прямой, достаточно спроецировать на плоскость две ее точки и через полученные проекции провести линию (рис. 201).

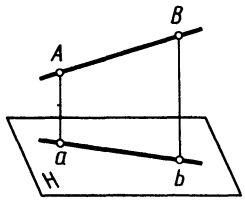


Рис. 201

Представьте себе мальчика, который сидит за столом и готовит домашнее задание (рис. 202). Попробуем спроецировать его карандаш на три взаимно перпендикулярные плоскости: две стенки и стол — и проследим, как будут изменяться проекции карандаша в различных положениях.

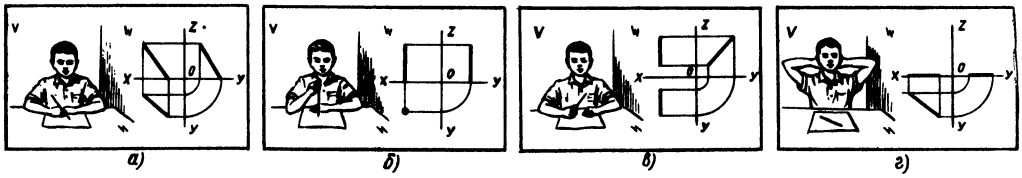


Рис. 202

Положение первое — карандаш наклонен ко всем трем плоскостям (общий случай).

Положение второе — карандаш перпендикулярен к плоскости стола. Заметьте: горизонтальная проекция превратилась в точку, а две другие проекции параллельны оси *Oz*.

Положение третье — карандаш наклонен, но параллелен плоскости боковой стены. Вертикальная и горизонтальная проекции параллельны осям *Oz* и *Oy*.

Положение четвертое — карандаш лежит на столе. Вертикальная проекция лежит на оси *Ox*, а профильная — на оси *Oy*.

Если вы внимательно рассмотрите эти проекции, то заметите, что прямоугольная проекция отрезка никогда не бывает больше оригинала. Она равна отрезку, если отрезок параллелен плоскости проекций, и обращается в точку, если отрезок перпендикулярен к этой плоскости (рис. 203). Следовательно, не всегда по проекции можно сразу определить длину спроецированного отрезка.

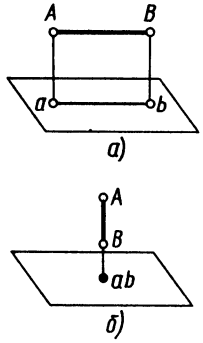


Рис. 203

Как, например, определить длину шнуров трехплафонной люстры на рисунке 204. Даже при наличии горизонтальной проекции непосредственные измерения проекций шнуров не дадут положительного результата.

Есть несколько способов решения таких задач. Прежде чем перейти к ним, попробуйте решить следующие задачи, связанные с проекциями прямой.

●

80. Как меняются по величине проекции спиц колеса на землю при движении телеги (рис. 205)?

81. Скажите, в какое время часовая стрелка будет проецироваться на плоскость стола в точку. В натураль-

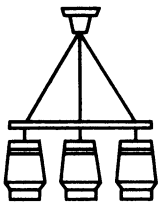


Рис. 204

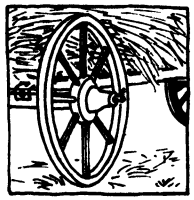


Рис. 205

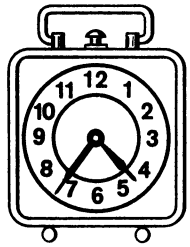


Рис. 206

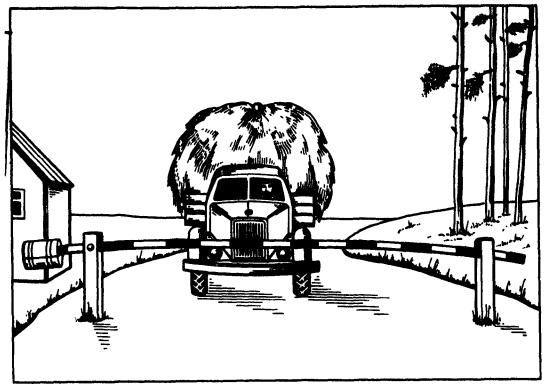


Рис. 207

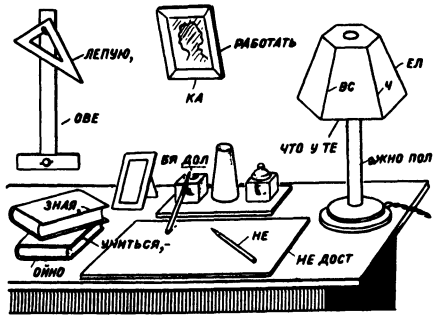


Рис. 208

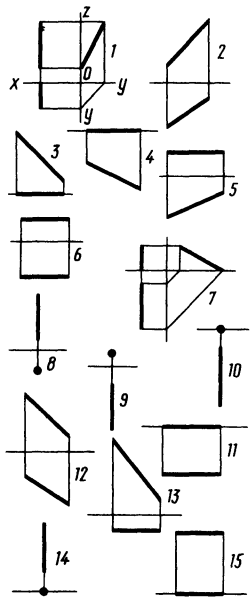


Рис. 209

ную величину? В половину натуральной величины? Что будут представлять собой в это время проекции минутной стрелки (рис. 206)?

82. Сможет ли проехать автомашина с сеном, если шлагбаум в открытом положении спроецируется на дорогу в половину натуральной величины (рис. 207)?

83. На рисунке 208 изображен письменный стол с принадлежностями, на рисунке 209— эпюры прямых. Беря по порядку эпюры и отыскивая соответствующие им прямые на рисунке 208, составьте предложение. Плоскостью V считайте стену, а плоскостью H — плоскость крышки стола.

84. На рисунке 210 изображено четыре отрезка прямой*.

Как располагается каждый отрезок относительно плоскостей проекций?

* В начертательной геометрии говорят кратко: «дан отрезок», хотя самого отрезка на чертеже вовсе нет, а есть только проекции этого отрезка. Разумеется, что по двум проекциям отрезка легко найти сам отрезок. Сказанное в полной мере относится к точке, плоской фигуре, геометрическому телу.

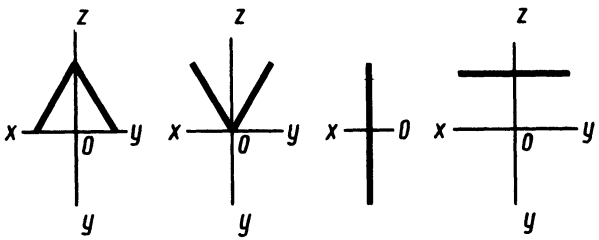


Рис. 210

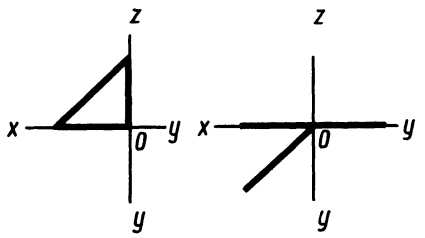


Рис. 211

Поясните это аксонометрическим изображением.

85. Может ли отрезок прямой иметь такие проекции (рис. 211)?

86. Эта люстра (рис. 212) вам уже знакома. Однако надо ли теперь прибегать к какому-либо приему, чтобы найти истинную длину шнуров?

Сравните рисунки 204 и 212 и дайте ответ.

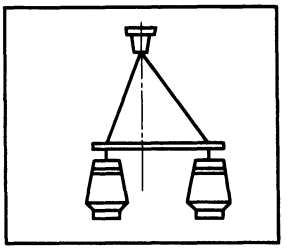


Рис. 212

87. На рисунке 213 изображены различные положения кия в пространстве. Слева эти положения зафиксированы на эпюрах в виде проекций. При этом за плоскость H принята плоскость пола, а за плоскость V — не заштрихованная на рисунке стена комнаты. Беря по порядку различные положения кия на рисунке и отыскивая соответствующее изображение на эпюре, составьте предложение из слов, расположенных рядом с эпюром.

88. Лестница поставлена так, что она касается стены и пола (рис. 214).

Изобразите на эпюре три проекции бруса AB (как

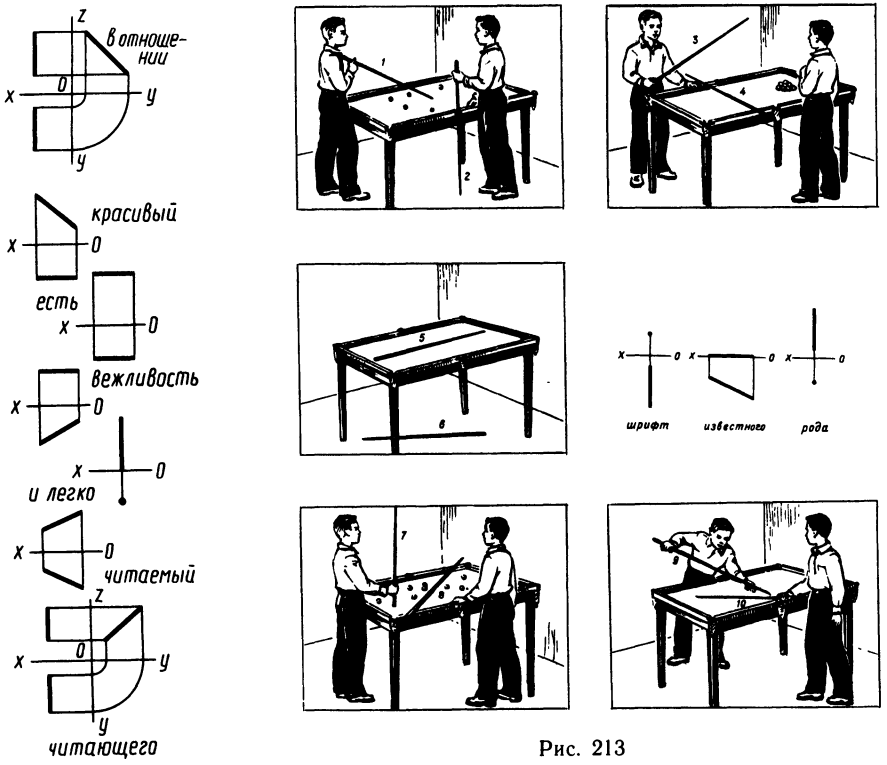


Рис. 213

Рис. 214

прямой) и отверстия C (как точки, лежащей на этой прямой).

89. Начертите треногу (рис. 215) в трех прямоугольных проекциях, считая отдельные стержни ее отрезками прямой линии (стрелка на рисунке показывает, как следует проецировать треногу на плоскость V).

90. Проверьте себя еще раз, хорошо ли вы знаете проекции прямой линии,— изобразите в трех прямоугольных проекциях (рис. 216):

а) ребро геометрического тела; б) стержни «ко́зел», «турника», «ежа»; в) ребро одной из моделей.

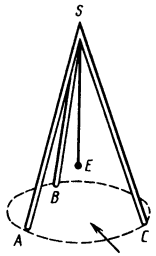


Рис. 215

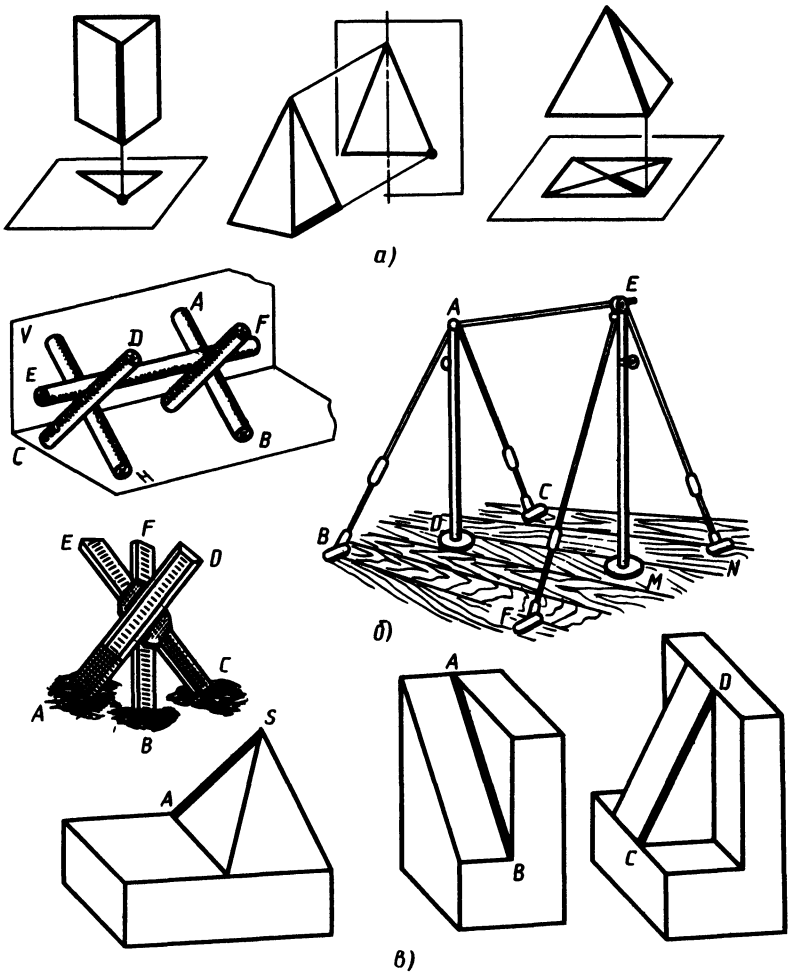
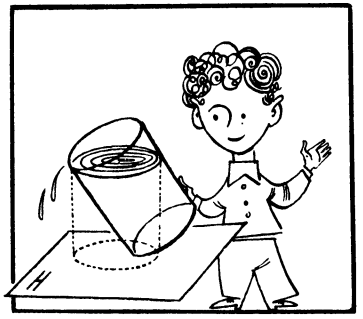


Рис. 216



ОПЫТ С ДВЕРЬЮ

В предыдущей главе мы отметили, что по проекциям предмета не всегда можно судить о натуральных размерах самого предмета. В этом случае говорят, что проекции «неудобны» для чтения. Такими могут оказаться не только проекции прямой, но и проекции плоскостей, а также геометрических тел.

Спрашивается, как же сделать проекции «удобочитаемыми», такими, по которым можно было бы определять натуральные размеры предмета?

Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим такой пример.

Мальчик остановился напротив открытой двери так, что не может прочитать на ней надписи (рис. 217).

Как ему поступить?

Он может действовать двояко: не меняя своего положения, закрыть дверь (рис. 218) или же, наоборот, не трогая двери, зайти сбоку (рис. 219). В обоих случаях надпись можно легко прочитать.

Аналогично этому поступают и в черчении. Поворачивают предмет вокруг какой-либо оси, оставляя направление проецирования и плоскости проекций без изменений или же оставляя предмет на месте, меняют направление проецирования и плоскости проекций. Первый способ называется *способом вращения*, вто-

Рис. 217

Рис. 218

Рис. 219

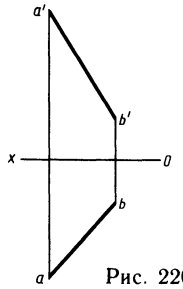


Рис. 220

рой — способом замены плоскостей проекций.

Давайте найдем истинную величину отрезка AB, заданного на рисунке 220, двумя проекциями: ab и $a'b'$.

Способ вращения очень прост: поворачиваем горизонтальную проекцию ab вокруг точки B до тех пор, пока она не станет параллельна оси Ox. Затем строим новую вертикальную проекцию отрезка a'_1 $в'$, которая и будет равна самому отрезку AB (рис. 221).

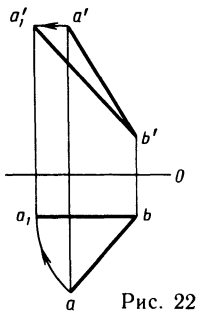


Рис. 221

Как вы, наверно, догадались в этом случае мы вращали отрезок в плоскости, параллельной плоскости H. Но можно его вращать также и в плоскостях, параллельных плоскостям V и W. Вращать можно не только линии, но при необходимости также плоскости и геометрические тела.

На рисунке 222 натуральная величина того же отрезка AB (рис. 220) найдена способом перемены плоскостей проекций. Дополнительная плоскость в этом случае расположена перпендикулярно плоскости V и параллельно отрезку AB.

Решите несколько задач.

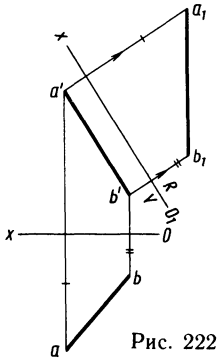


Рис. 222

91. Я стою у окна и наблюдаю, как напротив работает башенный кран. Сейчас я вижу стрелу в натуральную величину, но вот кран поворачивается, и видимая длина стрелы заметно уменьшается, а затем вновь увеличивается, и я вижу ее снова в натуральную величину, но уже справа.

Такую же картину я наблюдаю, когда кран не работает, а я иду в школу и обхожу забор, за которым идет строительство.

Ответьте: 1) Положения стрелы, изображенные на рисунке 223, я видел из окна своего дома или когда шел в школу? 2) Какие два способа нахождения истинной

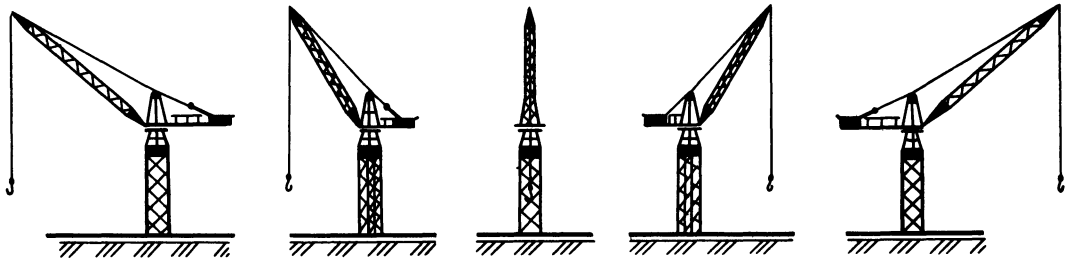


Рис. 223

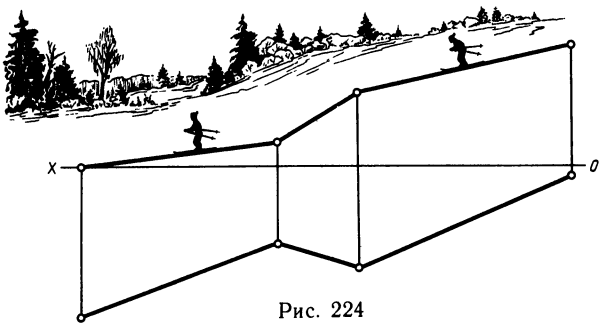


Рис. 224

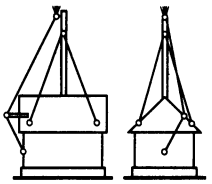


Рис. 225

величины отрезка иллюстрируют приведенные случаи наблюдения стрелы башенного крана?

92. Мальчики катаются с горы на лыжах. Их путь задан двумя проекциями (рис 224). Определите истинную величину пути. Масштаб чертежа 1:300.

93. Пользуясь чертежом (рис. 225), подсчитайте, сколько метров стальной проволоки потребовалось для закрепления мачты антенны и сколько метров медной проволоки ушло на отвод. Масштаб чертежа 1:200.

94. Определите расстояние от вершины дерева до конца его тени (рис. 226).

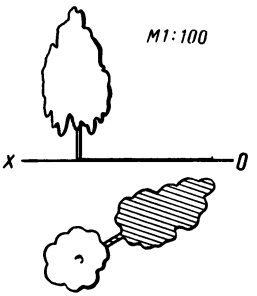


Рис. 226

95. Как изменится вертикальная проекция флюгера (рис. 227) при ветре, дующем с запада на восток (стрелка должна быть направлена в сторону, откуда дует ветер)?

96. В какой точке стенки колокола (рис. 228) ударит язык *A*, если его качнуть в плоскости, перпендикулярной нашему листу бумаги?

97. Изобразите стакан (рис. 229) в положении, наклоненном до начала выливания из него жидкости.

98. На рисунке 230...233 изображен кубический ящик, перемещаемый грузчиком.

Как будут выглядеть горизонтальные проекции ящика в каждом из этих случаев?

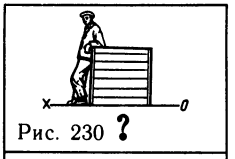


Рис. 230 ?

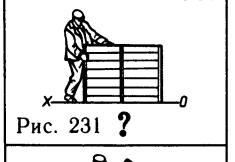


Рис. 231 ?

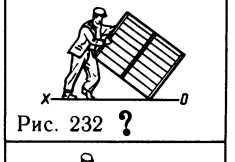


Рис. 232 ?

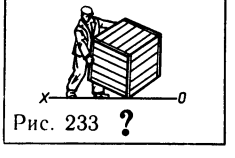


Рис. 233 ?

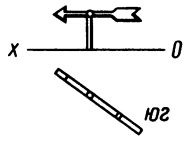


Рис. 227

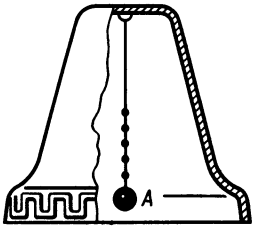


Рис. 228

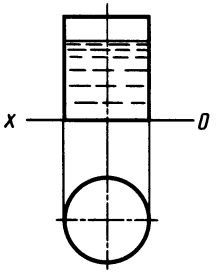
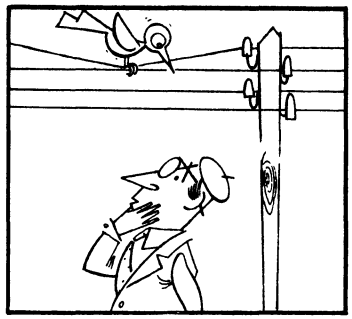


Рис. 229



ПЕРЕСЕКАЮТСЯ ЛИ ПРОВОДА!

Представьте себе, что вы стоите недалеко от телефонной линии. В одном из пролетов между столбами провода как будто соединены друг с другом (рис. 234).

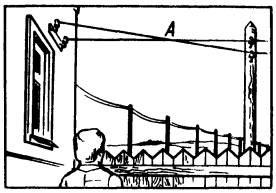


Рис. 234

Но, может быть, они не соединены, а это нам только кажется?

Не спуская глаз с точки пересечения, делаем два-три шага в сторону. При этом «точка A» стала двигаться от нас к столбу, и когда мы остановились, заняла новое положение (рис. 235).

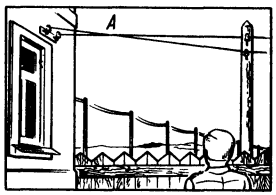


Рис. 235

Что это значит? Стала ли бы точка A перемещаться, если провода пересекались в действительности? Очевидно, нет!

Пересекаются ли прямые AB и CD, заданные своими двумя проекциями на рисунке 236?

Если прямые пересекаются, рассуждаем мы, то должна существовать и действительная точка пересечения. А у всякой точки, как известно, проекции лежат на одном перпендикуляре к оси проекций.

Проверяем (рис. 237): точка пересечения K фронтальных проекций и точка пересечения M горизонтальных проекций AB и SD не лежат на одном перпендикуляре к оси Ox; следовательно, прямые не пересекаются. Перед нами скрещивающиеся прямые.

Другой вопрос, который приходится часто решать

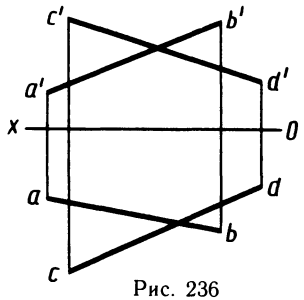


Рис. 236

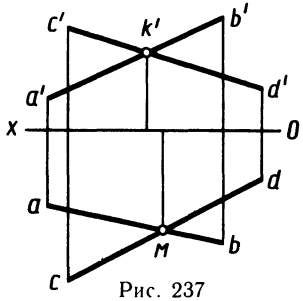


Рис. 237

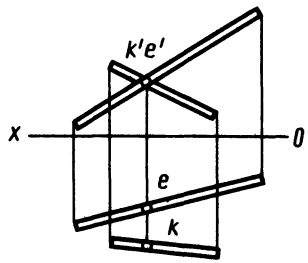


Рис. 238

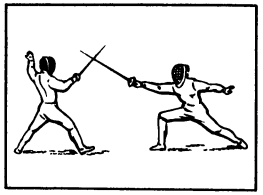


Рис. 239

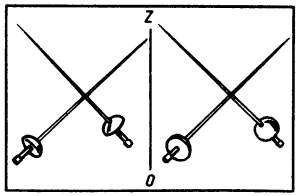


Рис. 240

при выполнении чертежей, заключается в определении видимости отдельных элементов.

На вертикальной проекции точки $к'$, $е'$ сливаются (рис. 238). Но какая из них закрывает другую? Какая из них ближе к нам? Ответ дает горизонтальная проекция — точка $К$.

Значит, если на эпюре совпадают горизонтальные или вертикальные проекции двух точек, видимой из них является та, другая, проекция которой находится дальше от оси проекций.

Решите несколько задач.

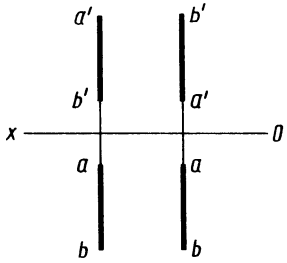


Рис. 241

99. На рисунке 239 изображен момент фехтования на рапирах. Касаются ли сейчас рапиры друг друга?

Для ответа на вопрос рассмотрите эпюр на рисунке 240.

100. Параллельны ли прямые (рис. 241)?

101. Какой из двух угольников (рис. 242) ближе к нам? Может быть, один из них продет в отверстие другого? На эти вопросы рисунок, к сожалению, не дает ответа.

Изобразите все возможные комбинации взаимного положения этих угольников, закрасив для наглядности один из них в черный цвет.

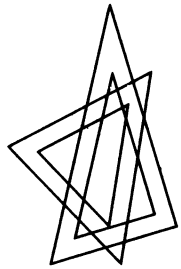
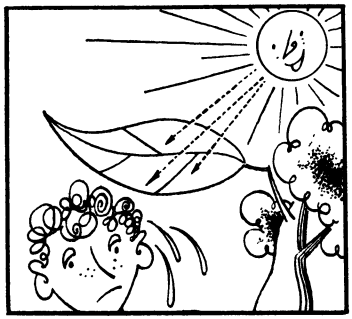


Рис. 242

102. Решите задачу 16*.



СЛЕДЫ НА ЭПЮРАХ

Ботаники говорят, что у некоторых растений обнаруживается интересное свойство листьев — повертываться ребром к лучам солнца и не давать тени. Заметьте: «не

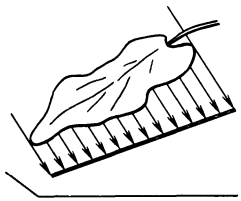


Рис. 243

давать тени»! Но такое утверждение противоречит принципам начертательной геометрии.

Что же будет представлять собой тень такого листа, когда он повернется ребром к лучам солнца?

Попробуем изобразить это на рисунке 243. Как видно, лист отбрасывает тень в виде отрезка прямой.

При ортогональном проецировании на плоскости V и H отрезок прямой получится, очевидно, только тогда, когда лист расположится перпендикулярно к плоскостям V и H (рис. 244).

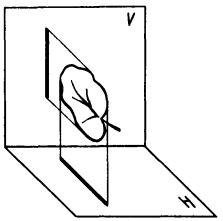


Рис. 244

Наш пример целиком распространяется и на плоскость. Когда проецирующие лучи направлены вдоль изображаемой плоскости P, она спроецируется в виде прямой. Во всех остальных случаях проекции точек плоскости P покроют собой всю плоскость проекций и мы не получим никакого изображения.

Спрашивается, как же построить эпюр плоскости?

Примеры из окружающей нас действительности показывают, что положение плоскости в пространстве в ряде случаев очень удобно определять по ее следам.

103. Две резинки надрезали лезвием бритвы, на гранях остались следы (рис. 245 и 246). Можно ли по оставшимся следам узнать, как располагалось лезвие относительно граней резинок?

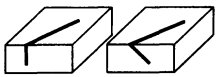


Рис. 245 Рис. 246

Перечертите в тетрадь резинки и подрисуйте к следам лезвия.

На рисунке 247 плоскость P пересекает плоскости проекций H и V. Плоскости пересекаются между собой по прямым линиям. След плоскости P на горизонтальной плоскости проекций называется горизонтальным следом и обозначается P_H; след плоскости P на плоскости V называется фронтальным следом и обозначается P_V. Точка P_x называется точкой пересечения следов.

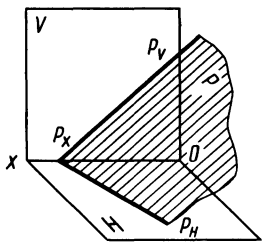


Рис. 247

На эпюре (рис. 248) плоскость изображается, как правило, следами. Края части плоскости (волнистая линия) в этом случае никогда не изображают.

Мы рассмотрели плоскость, которая называется плоскостью общего положения.

Если плоскость P перпендикулярна к плоскости H, ее называют горизонтально проецирующей. Открытая дверь комнаты может служить примером горизонтально проецирующей плоскости (рис. 249).

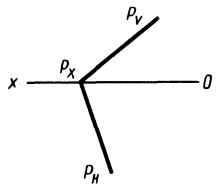


Рис. 248

Если плоскость P перпендикулярна к плоскости V, она называется фронтально проецирующей, а если к плоскости W — профильно проецирующей. Скат крыши над входом в котельную здания мож-

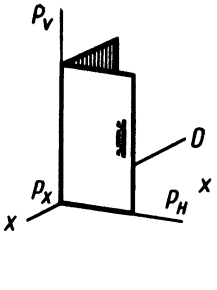


Рис. 249

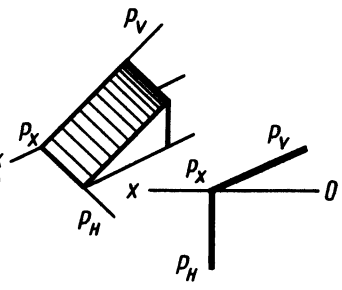


Рис. 250

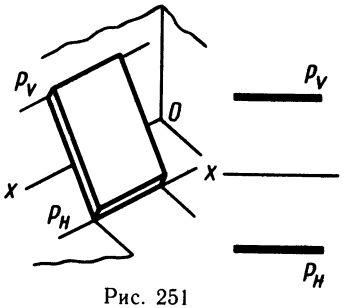


Рис. 251

но принять за фронтально проецирующую плоскость (рис. 250), а крышку люка — за профильно проецирующую (рис. 251).

Если же плоскость P параллельна какой-либо плоскости проекций (H, V или W), она называется соответственно горизонтальной, фронтальной или профильной.

Примером горизонтальной плоскости может служить книжная полка (рис. 252), а фронтальной или профильной — ширма в комнате (рис. 253).

На рисунках 249...253 показаны следы рассмотренных плоскостей на V и H.

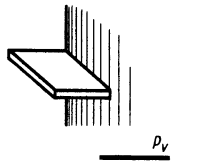
104. Попробуйте сами построить следы таких плоскостей на всех трех плоскостях проекций.

Проекции различных плоских фигур могут быть определены проекциями ряда принадлежащих им точек или отрезков.

Действительно, проекция треугольника вполне определяется проекциями его вершин. Если известны проекции точек (рис. 254), то, соединив их отрезками прямых (соответственно на каждой проекции), получим проекцию треугольника.

Но вот вопрос: как определить на эпюре, лежит ли данная точка или отрезок в плоскости треугольника? Для этого достаточно убедиться в том, что прямая, проходящая через данную точку или отрезок, лежит в плоскости треугольника, т. е. проходит через две точки, принадлежащие этому треугольнику (рис. 255).

Решите несколько задач.



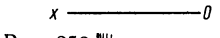


Рис. 252

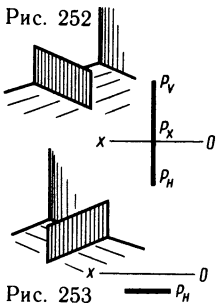


Рис. 253

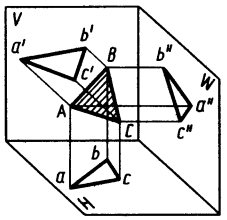


Рис. 254

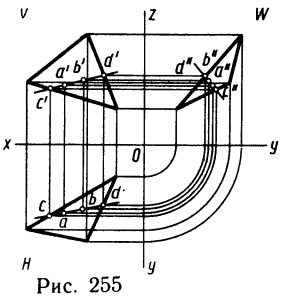


Рис. 255

105. В углу комнаты стоял свежевыкрашенный фанерный щит. Когда щит убрали, то на полу и стене остались следы краски (рис. 256). Изобразите его следы на эпюре.

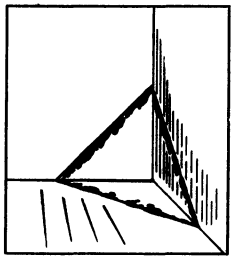


Рис. 256

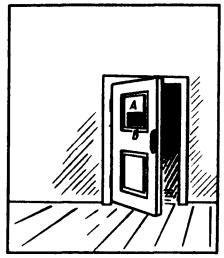


Рис. 257

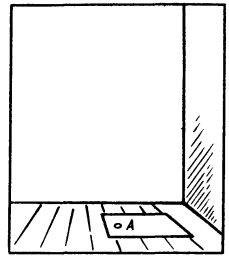


Рис. 258

106. Изобразите на эпюре следы двери, если известно, что она открыта на угол 20°; на угол 120° (рис. 257). Нанесите на эпюре проекции шурупов A и B (как точек, лежащих в плоскости двери).

107. Изобразите на эпюре следы крышки люка, если известно, что она открыта на угол 45°; открыта полностью (рис. 258).

Нанесите на эпюре проекции проушины кольца A.

108. Постройте на эпюре плоскость P, параллельную оси Ox и наклоненную одинаково к плоскостям V и H. Постройте в этой плоскости произвольную точку A.

109. Пусть пол комнаты будет плоскостью H, стена с дверью — плоскостью V, правая стенка — плоскостью W (рис. 259 и 260).

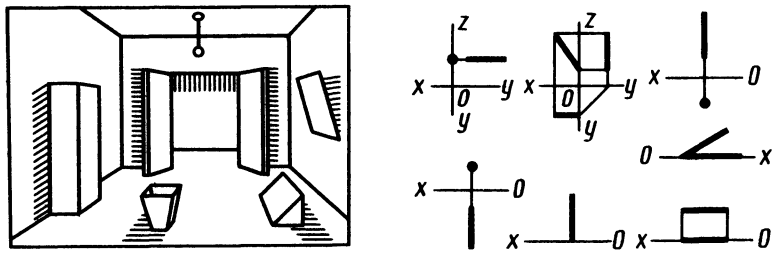


Рис. 259

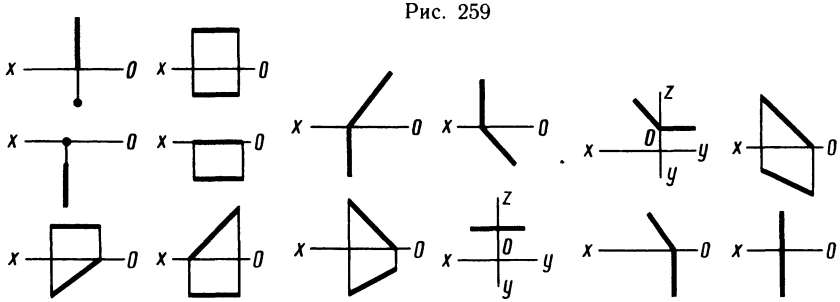


Рис. 260

Найдите на рисунке прямые и плоскости, проекции которых соответствовали бы данным эпюрам.

110. Коснулась ли муха в данный момент (рис. 261) поверхности стеклянного колпака?

А может быть, она под колпаком и мы видим ее через прозрачную стенку?

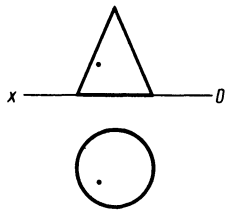


Рис. 261

111. Мальчик бросил палку на крышу (рис. 262). Как, по-вашему, лежит палка на крыше или она только коснулась ее одним концом? А может быть, палка еще в воздухе?

112. Мальчик держит в руках рамку для картины (рис. 263). Как вы думаете, плоская она или нет?

113. В каких точках мачта *AB* антенны и ее растяжки *BC, BД, BE* пронизывают кровлю (рис. 264)?

Рис. 262

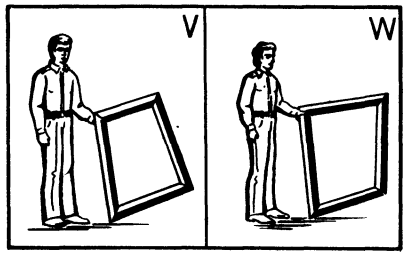


Рис. 263

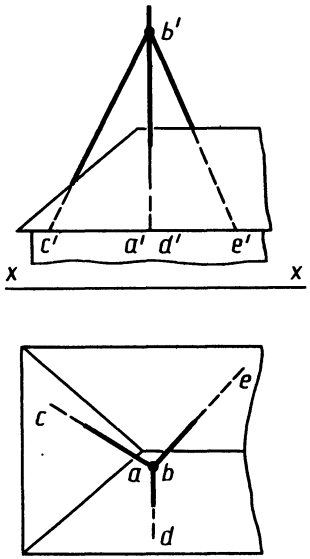


Рис. 264

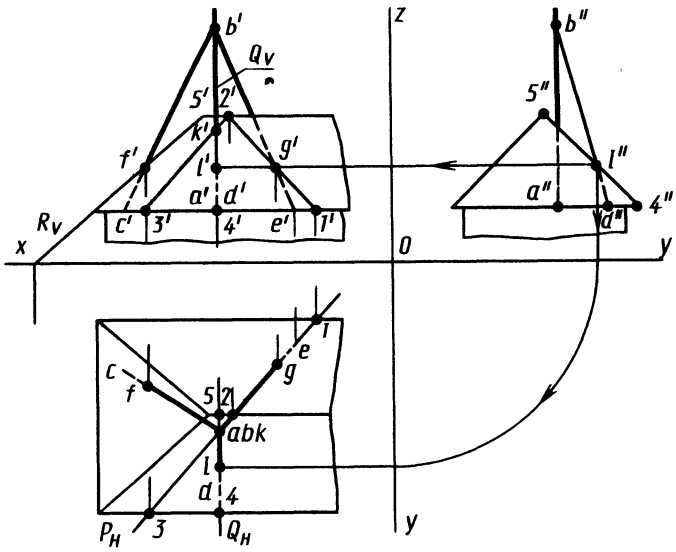


Рис. 265

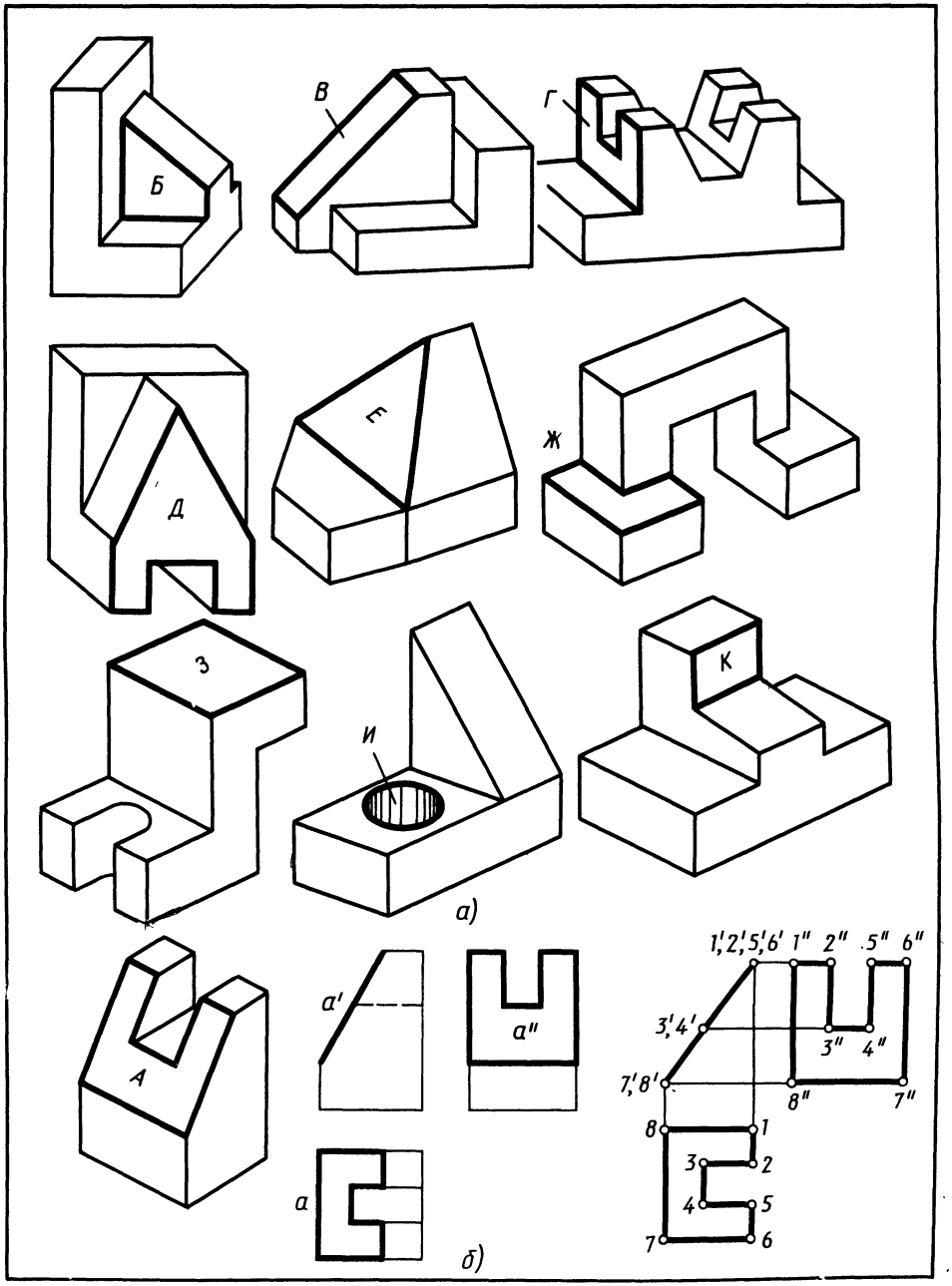
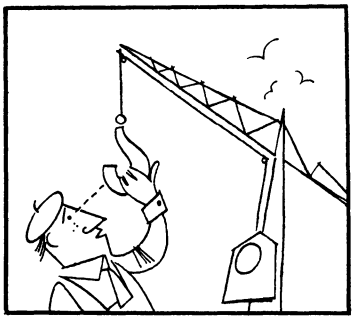


Рис. 266

На рисунке 265 приведено решение задачи. Поясните: как найти точки встречи: прямой BE с плоскостью заднего ската, прямой BC с плоскостью левого ската, прямой $BД$ с плоскостью переднего ската.

Указание: для определения точки встречи прямой с плоскостью надо выполнить следующие действия: 1) провести через заданную прямую вспомогательную плоскость, показав ее с помощью следа; 2) найти линию пересечения этой вспомогательной плоскости с заданной плоскостью (со скатом); 3) отметить точку пересечения полученной линии пересечения с заданной прямой. Это и будет искомая точка встречи прямой с плоскостью.

114. По наглядному изображению моделей (рис. 266,*а*) выполните чертежи их и выделенных плоских фигур в трех проекциях, как показано на рисунке 266, *б*.



ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

Если внимательно присмотреться к окружающим нас предметам, легко заметить, что далеко не все они могут быть изображены на чертеже с помощью только прямых линий.

Формы большей части предметов содержат в себе более сложные элементы кривых линий и поверхностей. Здания, машины, механизмы, мебель, одежда, посуда — все содержит в себе эти элементы.

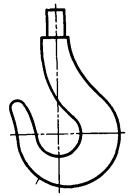


Рис. 267

Вот перед вами крюк подъемного крана (рис. 267). Почти вся его проекция состоит из сопряженных кривых — в данном случае дуг окружностей.

Кривые линии бывают плоскими и пространственными.

Плоскими называются такие линии, все точки которых лежат в одной плоскости. К ним относится, например, окружность.

Наглядной моделью пространственной линии может служить пружина (рис. 268). Как видите, ее точки не лежат в одной плоскости.

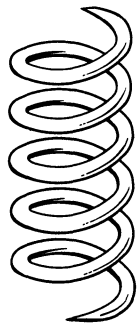


Рис. 268

Из всего многообразия кривых линий наибольший

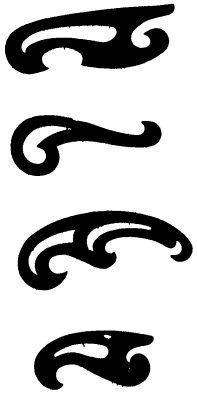


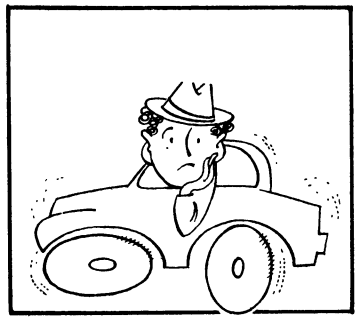
Рис. 269

интерес представляют для нас такие, которые могут быть выражены алгебраическим уравнением. Их называют поэтому алгебраическими.

В черчении кривые линии различают также по способу их выполнения. Кривые, которые нельзя провести с помощью циркуля, называются лекальными.

Для изображения на чертеже такой линии необходимо наметить ряд принадлежащих ей точек, а затем провести через эти точки плавную кривую с помощью специальных шаблонов, называемых лекалами (рис. 269).

Самой простой и распространенной алгебраической кривой является окружность, с которой вы хорошо знакомы, и останавливаться на ней мы не будем. Перейдем сразу к более сложным кривым.



ЭЛЛИПС

С кривой, называемой эллипс, мы встречаемся на каждом шагу. Наклоните немного стакан с водой, и поверхность воды примет форму эллипса (рис. 270, *а*). Свет, падающий от электролампы с коническим абажуром на наклонную чертежную доску, образует на ней светлое пятно в виде эллипса (рис. 270, *б*).

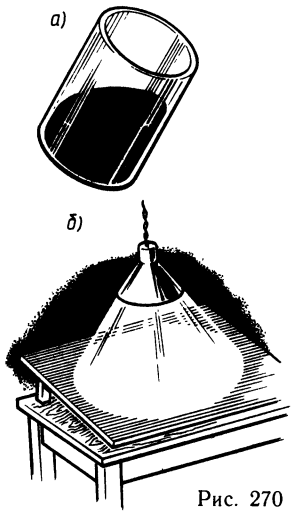


Рис. 270

Из этого следует, что при пересечении цилиндра или конуса наклонной плоскостью в сечении получается эллипс (рис. 271).

Но при пересечении наклонной плоскостью конуса могут получиться и другие линии, например парабола.

115. Догадайтесь, какие еще линии могут получиться.

Попробуйте спроецировать на плоскость основание цилиндра, наклоненного к этой плоскости (рис. 272), и вы снова получите эллипс.

Какими же особенностями обладают точки эллипса? Как построить такую кривую? Возьмите лист бумаги, две булавки, нитку и карандаш. Закрепив концы нити булавками, натяните ее кончиком карандаша и ведите им по бумаге, не ослабляя натяжения нити (рис. 273).

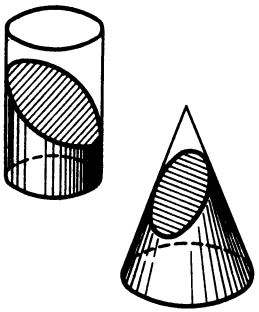


Рис. 271

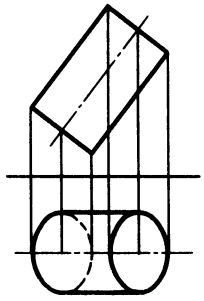


Рис. 272

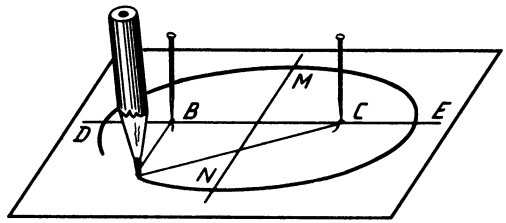


Рис. 273

Сначала проведите верхнюю часть кривой, а затем нижнюю. На бумаге получится изображение эллипса.

Точки *B* и *C* называются фокусами эллипса, отрезок — *ДЕ* — большой осью, а отрезок *MN* — малой осью эллипса.

Обратите внимание: в какой бы точке эллипса ни находилось острие карандаша, сумма расстояний от нее до фокусов остается постоянной и равной длине нити или, как легко убедиться, равной длине большой оси эллипса. Это и есть математический закон, которому подчиняются все точки эллипса. Один из способов построения эллипса показан на рисунке 274.

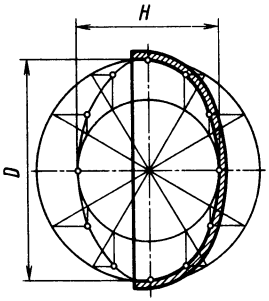
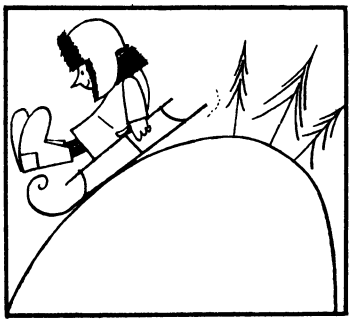


Рис. 274



ПАРАБОЛА

Вы, наверно, видели, какие яркие и ровные пучки света бросают в небо мощные прожекторы. Автомобильные фары и карманный фонарик также дают ровный пучок света. Это достигается применением параболического отражателя.

Если источник света поместить в точку F (рис. 275), называемую фокусом параболы, то излучаемые источником лучи света будут отражаться в виде параллельных лучей (рис. 275, *а*).

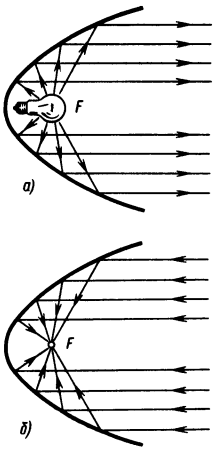


Рис. 275

И наоборот, лучи света, падающие параллельно оси параболы, будут собираться в одной точке — в фокусе параболы (рис. 275, *б*). Это свойство параболических отражений используется также в тепловых солнечных установках, отражательных телескопах и радиолокаторах.

Как получить такую замечательную поверхность?

Поверхность жидкости, помещенной в быстро вращающийся сосуд, приобретает параболическую форму (параболоид) (рис. 276).

Параболу можно получить, так же как и эллипс, при пересечении конуса плоскостью, но плоскость сечения в этом случае должна быть параллельна образующей конуса (рис. 277).

Интересно отметить, что частицы земли, угля или какого-либо другого материала при подаче их ленточным транспортером, падая, под влиянием силы инерции и силы тяжести описывают параболу. Это обстоятельство конструкторы должны обязательно учитывать при конструировании защитных кожухов (рис. 278). В противном случае части падающего материала будут ударяться о кожух, что приведет к шуму, быстрому износу его стенок и дроблению подаваемого транспортером материала.

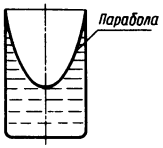


Рис. 276

Как же построить параболу? Какому математическому закону подчиняются точки этой кривой?

Посмотрите на параболу, изображенную на рисунке 279. Точка F называется фокусом параболы; прямая KL — направляющей или директрисой; точка A — вершиной параболы; прямая A_x — осью параболы.

Так вот, особенностью параболы является то обстоятельство, что расстояния любой ее точки от фокуса и направляющей равны между собой:

$$DA=AF;\ mM=MF;\ nN=NF \text{ и т. д.}$$

116. Попробуйте сами построить такую кривую, если заданы фокус и направляющая.

Рис. 277

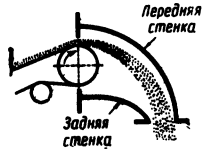


Рис. 278

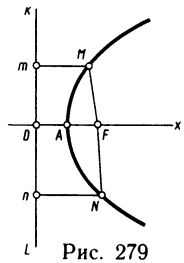


Рис. 279

ГИПЕРБОЛА

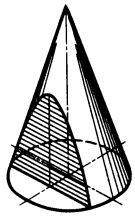


Рис. 280

Мы уже дважды пересекали конус плоскостью и каждый раз получали новую интересную кривую.

Попробуем еще раз.

Пересечем теперь конус плоскостью, параллельной его оси, но не проходящей через вершину конуса.

Мы получим новую кривую, которая называется гиперболой (рис. 280).

Познакомимся с ее свойствами.

Если на прямой (рис. 281) взять отрезок F_1F_2 и отрезок A_1A_2 так, чтобы $F_1A_1 = F_2A_2$, то можно построить кривую, все точки которой будут иметь одну особенность. А именно, разность расстояний любой точки этой кривой от фокусов F_1 и F_2 будет величиной постоянной и равной отрезку A_1A_2, который называется действительной осью кривой. Эта кривая и будет гиперболой.

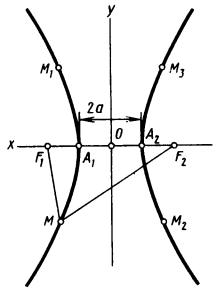


Рис. 281

На рисунке 282 показан гиперболоид, полученный вращением гиперболы вокруг оси y.

Наличие прямолинейных образующих у такого гиперболоида было использовано известным русским инженером, почетным членом Академии наук СССР В. Г. Шуховым.

В. Г. Шухов разработал конструкции мачт, башен и опор, составленных из металлических балок, расположенных по прямолинейным образующим гиперболоида (рис. 283).

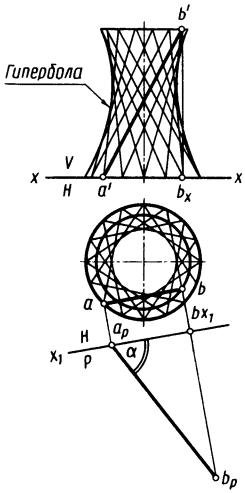


Рис. 282

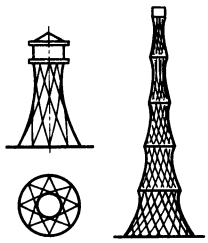
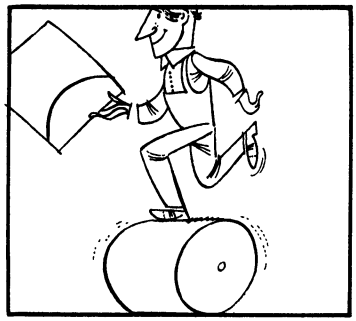


Рис. 283



ЦИКЛОИДА

Наблюдая за проезжающим мимо нас автомобилем, электропоездом или повозкой, вы, наверное, никогда не задумывались над вопросом: какой вид имеет траектория (путь) какой-либо точки колеса, катящегося по дороге?

Кривые, описываемые точками, различаются в зависимости от положения точки на колесе и профиля дороги.

Каждая из них имеет определенный вид.

Если колесо катится по прямой линии без скольжения, то его точки описывают кривые, называемые циклоидами (рис. 284, *а*). При этом точки, расположенные ближе к центру (относительно обода), описывают укороченные циклоиды, а точки, расположенные дальше от центра,— удлиненные циклоиды (рис. 284, *б*).

Если же окружность катится по другой окружности, как это бывает в различных механизмах, то точки катящейся окружности описывают кривые, называемые эпициклоидами (рис. 285) и гипоциклоидами (рис. 286).

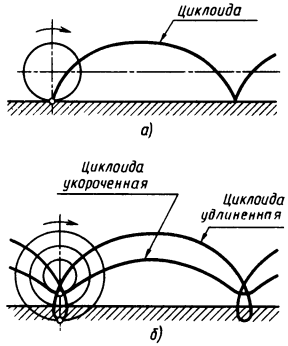


Рис. 284

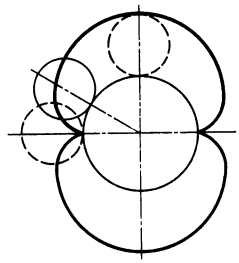
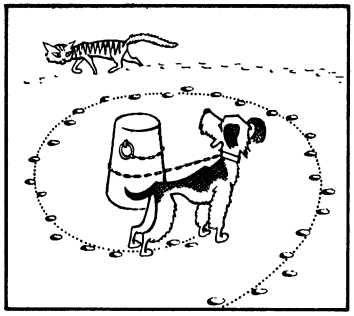


Рис. 285

Различные гипоциклоиды

Рис. 286



ЭВОЛЬВЕНТА

Циклоиду, как мы установили, описывает какая-либо точка круга, катящегося по прямой, эвольвенту же — точка прямой, катящейся по кругу.

На рисунке 287 изображены качели. При качании доски около положения равновесия точки A и B будут описывать эвольвенту.

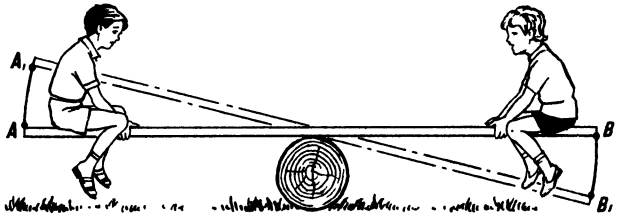


Рис. 287

Вычертить эту кривую можно следующим образом. Изготовьте из фанеры или толстого картона кружок и укрепите его на бумаге. Наверните на кружок нить. Закрепите нить одним концом к кружку, а на втором конце сделайте петельку. Просуньте в петельку острие карандаша и начните сматывать нить так, чтобы она все время оставалась натянутой. Если карандаш будет плотно прижат к бумаге, то его острие начертит эвольвенту (рис. 288).

Форму эвольвенты имеют очертания профилей зубьев колес (рис. 289).

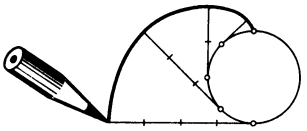


Рис. 288

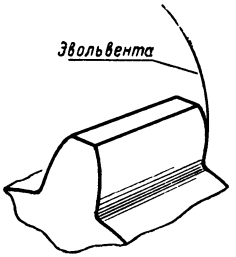
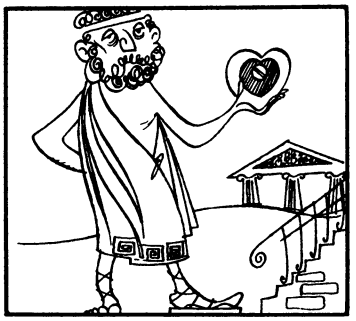


Рис. 289



СПИРАЛЬ АРХИМЕДА

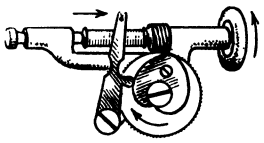


Рис. 290

Приходилось ли вам встречать колесо, форма которого похожа на сердце? Если нет, то рассмотрите его в швейной машине в устройстве для наматывания нитки на шпульку (рис. 290). Подвергнув металлическое «сердце» геометрическому анализу, мы обнаружим, что форма его составлена из двух архимедовых спиралей, из которых одна равномерно удаляется от центра, а другая приближается к нему.

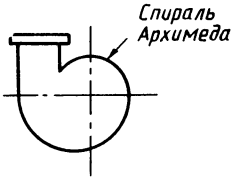


Рис. 291

По спирали Архимеда очерчивают улитку центробежного насоса (рис. 291), канавки на дисках самоцентрирующихся кулачковых патронов токарных станков (рис. 292), концы модульных фрез (рис. 293).

Как же построить спираль Архимеда «по точкам»? Как ее вычертить?

Опишем окружность произвольного радиуса и разделим ее на одинаковое количество частей, например на 8. На столько же равных частей разделим радиус окружности (рис. 294).

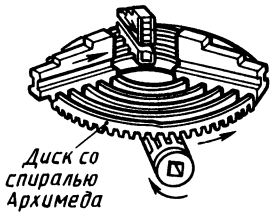


Рис. 292

Теперь из центра через каждую отметку на радиусе начертим циркулем дуги окружности с таким расчетом, чтобы они заканчивались для точек *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8* соответственно на радиусах *0-1, 0-2, 0-3, 0-4, 0-5, 0-6, 0-7, 0-8*. Соединив концы этих дуг плавной кривой, мы получим спираль Архимеда.

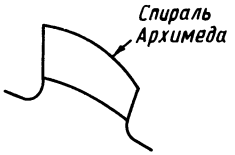


Рис. 293

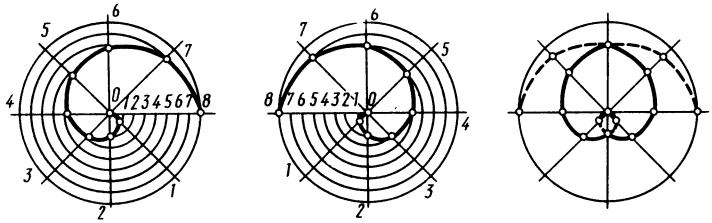
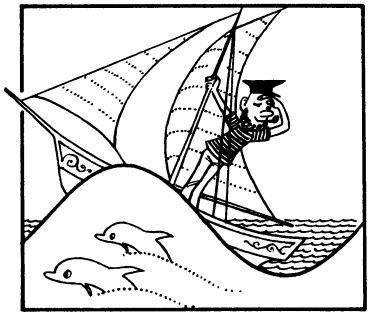


Рис. 294



СИНУСОИДА

Оберните свечку несколько раз листом бумаги и затем перережьте ее наклонно острым ножом (рис. 295) или бритвой. Разняв обе половины свечи и развернув бумагу, получите кривую линию, которая называется синусоидой.

Форму синусоиды имеет одна из сторон развертки жестяной трубы, срезанной наискосок (рис. 296).

Если сильно изогнуть металлическую линейку, то можно увидеть эту замечательную кривую в натуре (рис. 297).

Наиболее часто синусоида встречается на графиках (колебания груза на пружине, колебания маятника и переменного тока). График колебания представляет собой синусоиду и имеет вид, например, представленный на рисунке 298.

Попробуйте вычертить синусоиду следующим образом. Разделите окружность произвольного радиуса на 12 равных частей (рис. 299). От точки *A* возьмите отрезок, равный окружности и разделите его также на 12 равных частей. Затем, отметив точки на окружности и на прямой, проведите линии *1-1, 2-2* и т. д. Точки пересечения *I-II-III* и т. д. будут принадлежать искомой кривой.

Решите несколько задач.

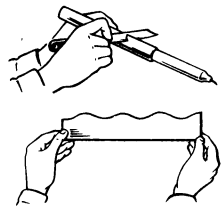


Рис. 295

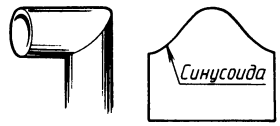


Рис. 296

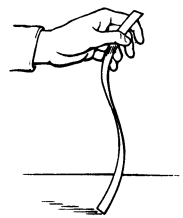


Рис. 297

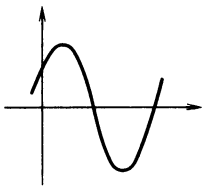


Рис. 298

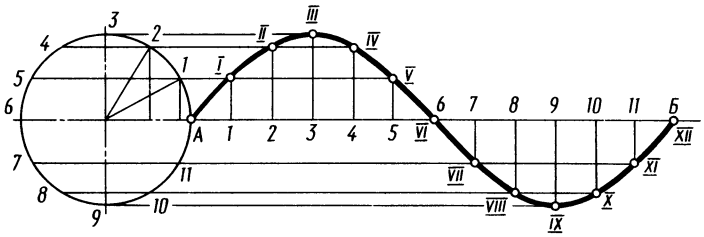
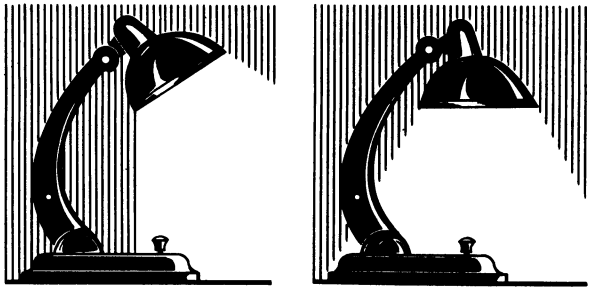


Рис. 299



а) б)

Рис. 300

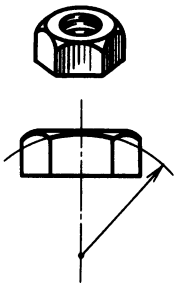


Рис. 301

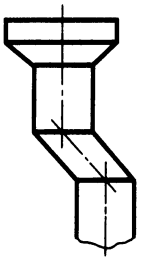


Рис. 302

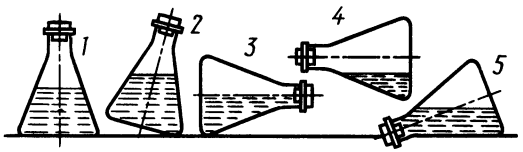


Рис. 303

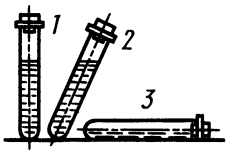


Рис. 304

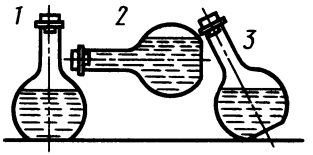


Рис. 305

●

117. Настольная лампа освещает стол и часть стены (рис. 300). Какую форму будут иметь световые пятна на столе и на стене?

118. Криволинейные переходы от боковых граней к конической части у гайки (рис. 301) вычерчивают с помощью циркуля.

Какие кривые получаются здесь в действительности?

119. При изображении водосточной трубы художник допустил ошибку (рис. 302). Найдите ее.

120. Какую форму будет иметь поверхность воды при различных положениях колбы (рис. 303)? Пробирки (рис. 304)? Колбы с шаровой поверхностью (рис. 305)?

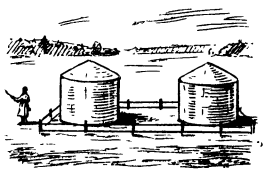


Рис. 306

121. Часовой, охраняя объект, перемещался так, что сумма расстояний от него до двух баков оставалась постоянной (рис. 306). По какой кривой перемещался часовой?

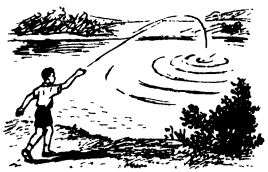


Рис. 307

122. Мальчик кинул камень в воду (рис. 307). По какой кривой летел камень?

123. Разность расстояний между каждым мальчиком и столбами равна 4 м (рис. 308). Мальчики пошли в разные стороны таким образом, что эта разность оставалась неизменной. По какой линии шли мальчики? Нарисуйте в плане путь их перемещения.

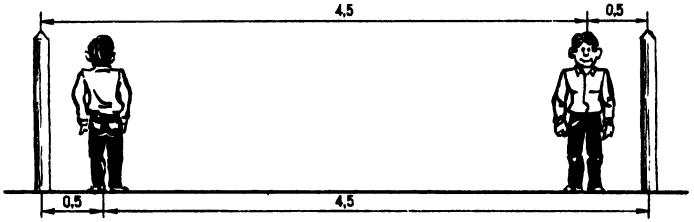


Рис. 308

Рис. 309

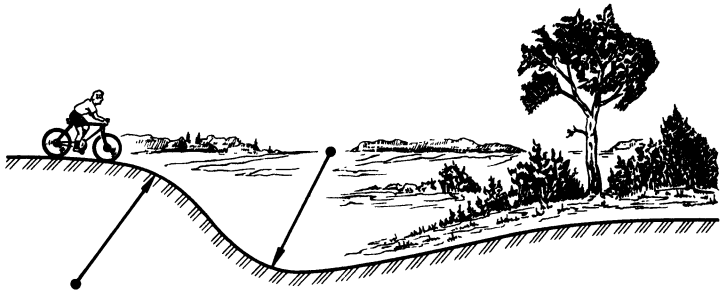
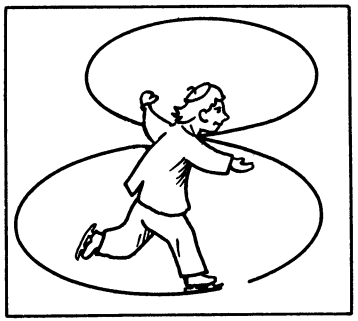


Рис. 310

124. Рабочий катит бочку (рис. 309).

По какому пути движутся точки, расположенные на поверхности обода? На поверхности бочки?

125. Велосипедист съезжает с горы так, как показано на рисунке 310. Какую кривую опишет точка, расположенная на наружной поверхности покрышки колеса?



СОПРЯЖЕНИЯ

Сопряжения — это плавный переход от одной прямой или кривой линии к другой. В плавных переходах имеются три элемента построения: радиус сопряжения R, центр сопряжения *O*, точка сопряжения *K* (рис. 311). Задается один из этих элементов, два другие должны быть найдены. В чертежах бывает задан радиус сопряжения *R*, но первоначально для конструктора, назначающего этот

радиус, определяющей может быть точка сопряжения или центр.

Сопряжение сторон угла (рис. 311, *а*). Переход от прямой к окружности будет плавным, если прямая касается окружности. Проводят вспомогательные прямые параллельно сторонам угла на расстоянии заданного радиуса R. Точка *О* пересечения будет равно удалена от сторон угла и будет центром сопряжения. Для определения точек сопряжения *К* и K_0 из точки *О* на прямые нужно опустить перпендикуляры.

Сопряжение окружности и прямой (рис. 311, *б, в*). Из центра O_1 данной окружности проводят дугу вспомогательной окружности радиусом R_1+R, если предусмотрено внешнее касание окружностей (*б*), и на расстоянии *R* — прямую, параллельную заданной. Точка пересечения вспомогательной окружности с параллельной прямой

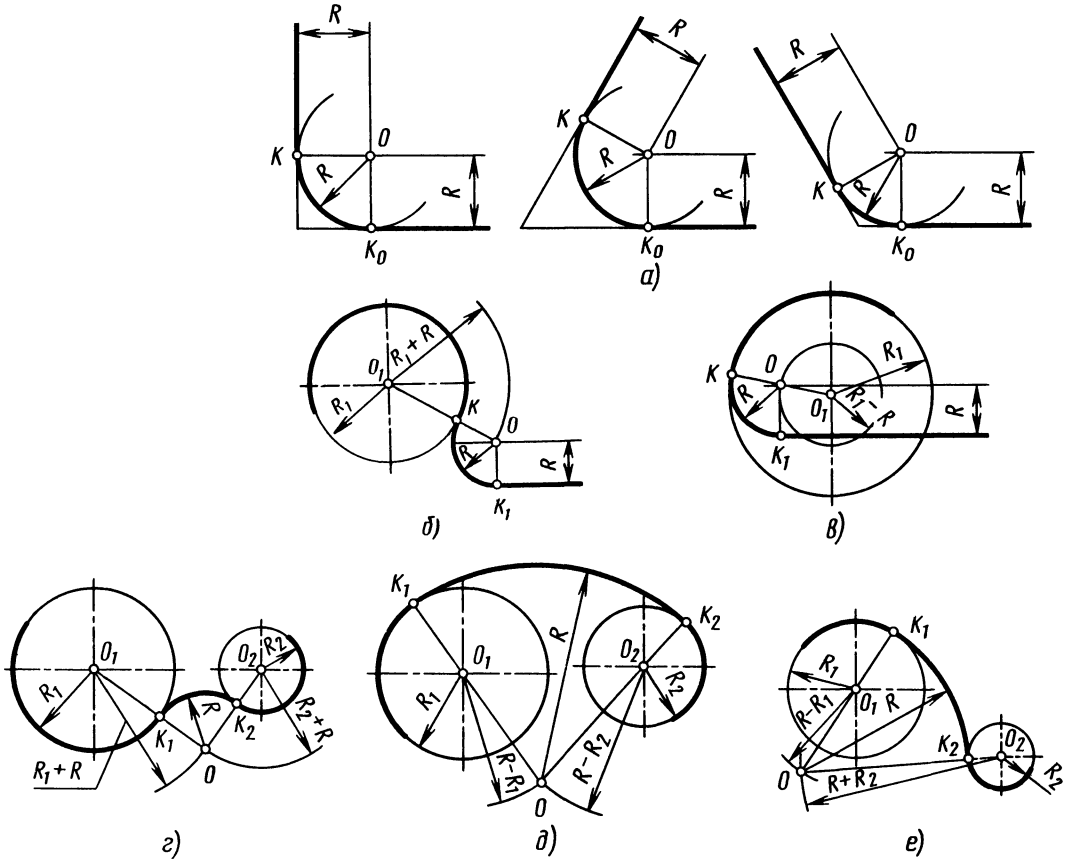


Рис. 311

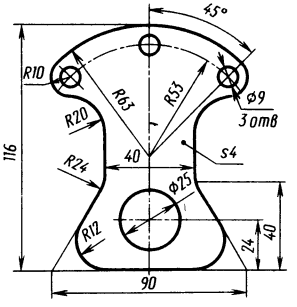
будет искомым центром O. Точка сопряжения K с данной окружностью находится на линии, соединяющей центры O_1 и O, а с данной прямой (K_1) — на перпендикуляре из центра O к ней. В случае внутреннего касания дуга вспомогательной окружности проводится радиусом $R_1 - R$ (*в*).

Сопряжение двух окружностей (рис. 311, *г, д, е*). При внешнем касании (*г*) центр сопряжения O будет лежать в точке пересечения двух вспомогательных дуг окружностей, проведенных из заданных центров O_1 и O_2 радиусом, равным сумме радиусов $R_1 + R$ и $R_2 + R$; при внутреннем касании (*д*) вспомогательные дуги проводятся радиусом $R - R_1$ и $R - R_2$; при смешанном касании (*е*) центр сопряжения O будет в пересечении двух дуг, описанных из центра O_1 радиусом $R - R_1$ и из центра O_2 радиусом $R + R_2$.

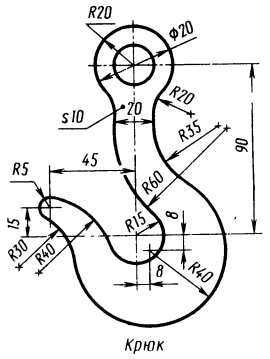
Во всех случаях, соединяя центры O_1O, а также O_2O, определяют точки сопряжения K_1 и K_2.

126. Вычертите в тетради прокладку и крюк (рис. 312). (рис. 312).

127. Вычертите вазу и прокладку (рис. 313).

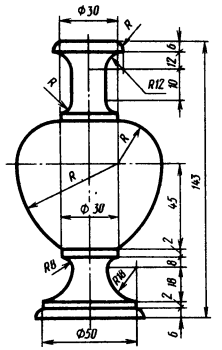


Прокладка



Крюк

Рис. 312



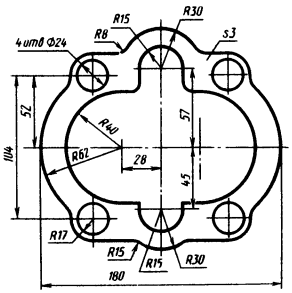
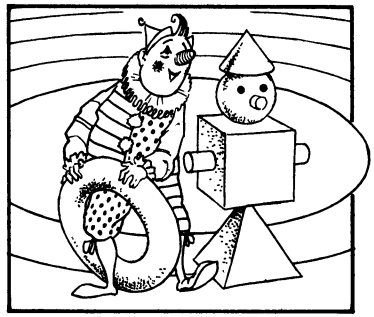


Рис. 313



ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА И ТОЧКИ НА ИХ ПОВЕРХНОСТИ

На рисунке 314 изображены геометрические тела: куб (*а*), параллелепипед (*б*), призма (*в*), пирамида (*г*), цилиндр (*д*), конус (*е*), шар (*ж*) и тор (*з*).

Названия геометрических тел первоначально были названиями конкретных предметов, имеющих форму, более или менее близкую к форме данного тела. Так, слово «цилиндр» означало валик, каток, слово «конус» — сосновая шишка, слово «призма» — опиленная (имеется ввиду опиленное бревно), «пирамида» происходит от слова «пюрамис», которым греки называли египетские пирамиды. Некоторые ученые предполагают, что форма пирамиды, в свою очередь, была подсказана египтянам перспективным сближением солнечных лучей (рис. 315). Такой световой эффект можно иногда наблюдать при появлении солнца в разрыве облаков. Шар ограничен поверхностью, которая называется с ф е р о й, от греческого слова «сфейра» — мяч.

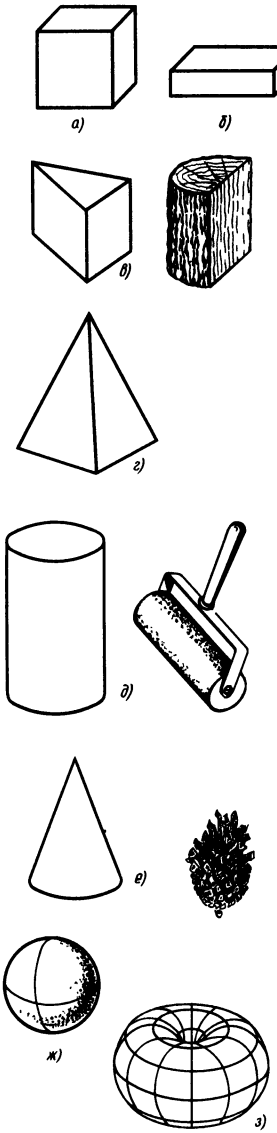


Рис. 314

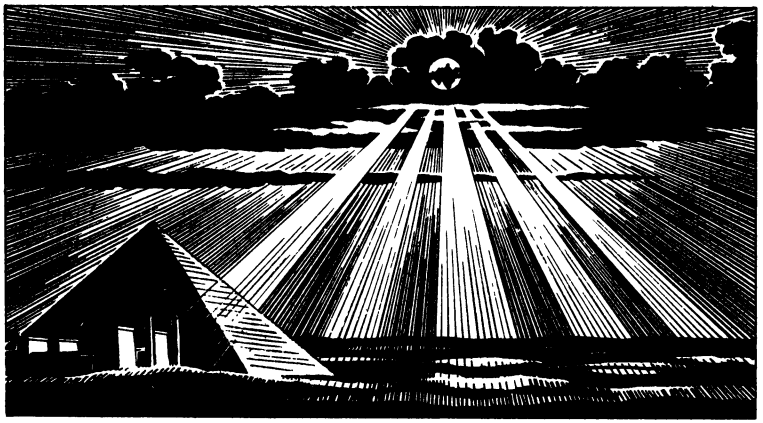


Рис. 315

В геометрическом смысле сфера — тело, образованное вращением окружности вокруг ее диаметра.

При вращении окружности вокруг оси, лежащей в ее плоскости, но не проходящей через ее центр, получается тело — т о р. Если ось вращения лежит вне окружности, то тор называется кольцом (круговым кольцом). Такое понимание образования форм важно также для уяснения поверхностей вращения произвольного вида, например шахматной фигуры, кувшина, электролампы и т. п.

Человек изучал форму предметов в процессе своей практической деятельности. Нужно было сделать очень много предметов, чтобы получить ясное представление о геометрических телах, включающее то общее, что есть в каждом конкретном предмете.

Присмотритесь к геометрическим телам, форма каждого тела имеет свои характерные признаки, по которым мы отличаем цилиндр от конуса, а конус от пирамиды. Мы говорим «куб», и каждый представляет себе его форму. Говорим «шар», и опять у нас возникает вполне конкретный образ.

Рассмотрим некоторые особенности изображения геометрических тел.

Спичечная коробка — четырехугольная призма (параллелепипед). Ее можно расположить по-разному: поставить стоймя, положить на бок или плашмя. Точно так же строят и дом (рис. 316).

При вертикальном положении дом занимает меньшую площадь, и протяженность различных коммуникаций, обслуживающих жилой квартал (дорог, водопровода, санитарных узлов), на одного жителя резко сокращается, и строительство поселка или города обходится дешевле.

Однако во многих случаях коробку дома располагают плашмя, так как при одном и том же объеме, увеличивается полезная площадь.

Таким образом, совсем не обязательно (как это часто бывает принято в книгах) располагать на чертеже геометрическое тело «стоймя». Оно может быть повернуто к нам любой стороной.

Именно так изображены на рисунках 317...320 треугольные призма и пирамида, цилиндр и конус (полный и усеченный).

Легко видеть, что две проекции призмы и цилиндра — прямоугольники, пирамиды и конуса — треугольники. Третья проекция повторяет форму оснований: треугольник — у призмы и пирамиды, круг — у цилиндра и конуса.

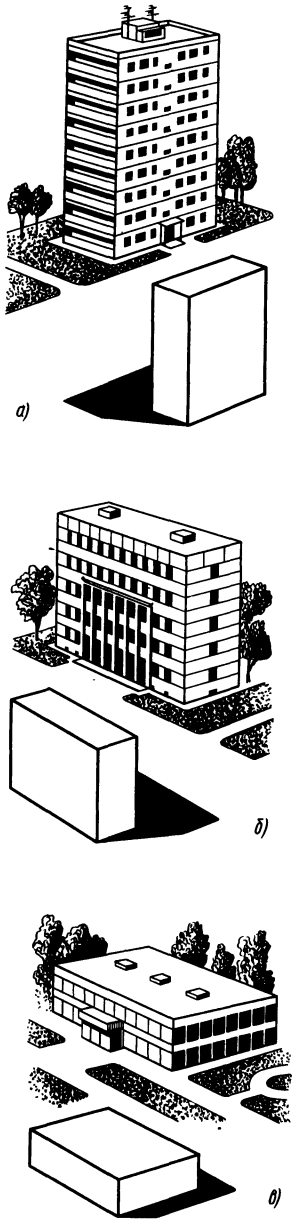


Рис. 316

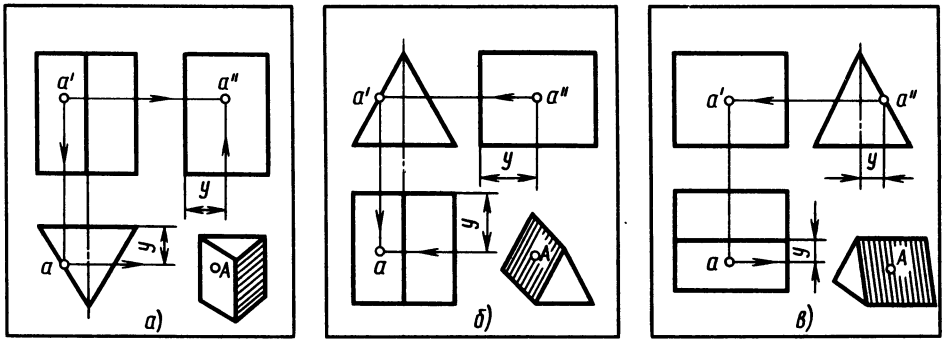


Рис. 317

При чтении чертежей подчас бывает трудно найти на всех проекциях характерные (или говорят опорные) точки предмета.

Пусть нам известна профильная проекция a'' точки A, лежащей на грани призмы (рис. 317, *б*).

Фронтальная проекция грани — прямая линия, и мы, воспользовавшись линией связи, находим точку a' — фронтальную проекцию точки A. Далее, пользуясь общим правилом, по двум проекциям a'' и a' строим горизонтальную проекцию a.

Не меняется сущность дела, если известной оказывается фронтальная проекция a' (рис. 317, *а*) или горизонтальная проекция a (рис. 317, *в*). Нельзя решить задачу лишь в том случае, если проекция дана на прямой — изображении грани.

Для цилиндра (рис. 318) рассуждения остаются теми же.

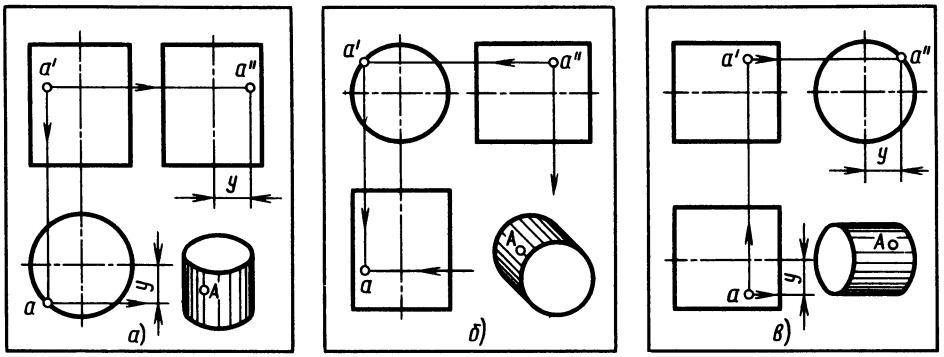


Рис. 318

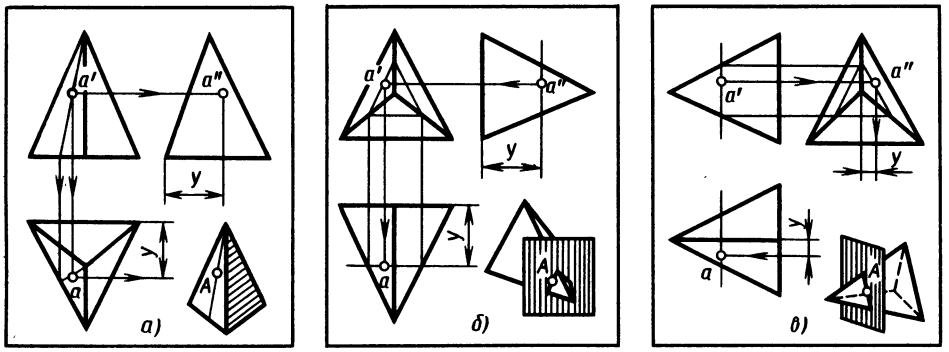


Рис. 319

При нахождении проекций точек, лежащих на поверхности пирамиды (рис. 319) и конуса (рис. 320), дело обстоит сложней — здесь надо применить вспомогательную секущую плоскость.

Пусть дана горизонтальная проекция a точки A, лежащей на поверхности конуса (рис. 320, *б*). Для нахождения фронтальной проекции a проводим через точку A плоскость, перпендикулярную к оси вращения. Плоскость пересекается с конусом по окружности, на которой и лежит фронтальная проекция a' точки A. Третья проекция — профильная — находится по проекциям a и a'.

Приведем и другой способ решения той же задачи, менее универсальный, но более простой (рис. 320, *а*). Здесь известна фронтальная проекция a' точки A. Проведем через точку A образующую конуса. Ее фронтальная проекция пройдет через проекцию вершины конуса и через проекцию a' и встретит основание конуса в точке $1'$.

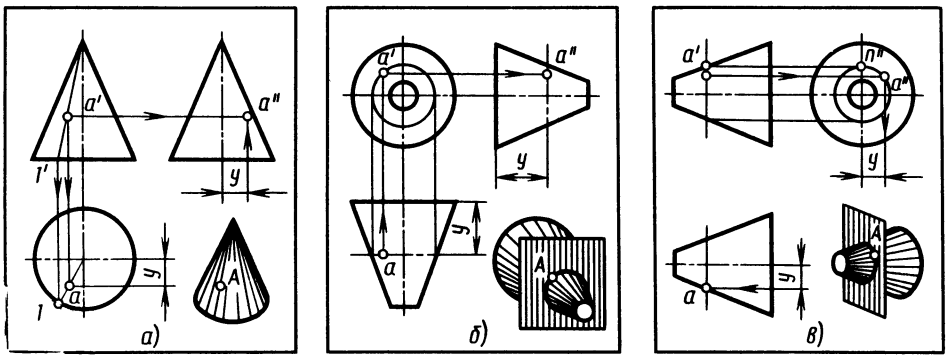
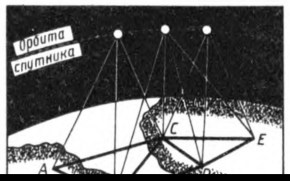
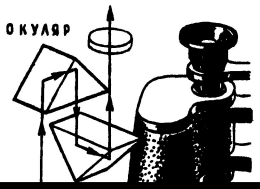


Рис. 320


орбита
спутника
C
E
A


ОКУЛЯР

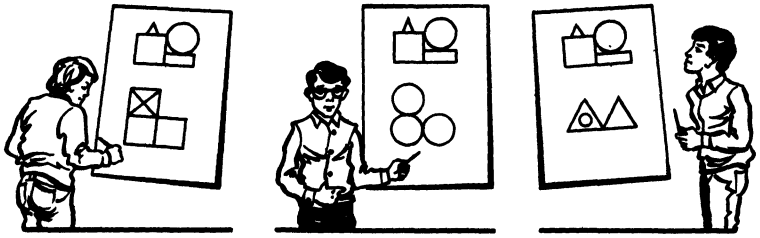


Рис. 325

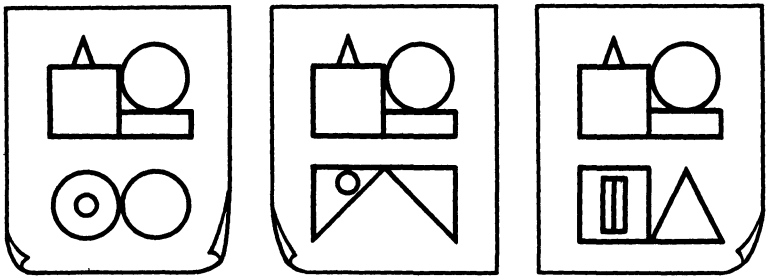


Рис. 326

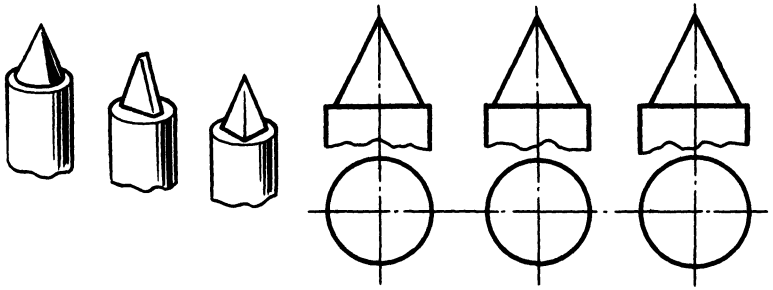


Рис. 327

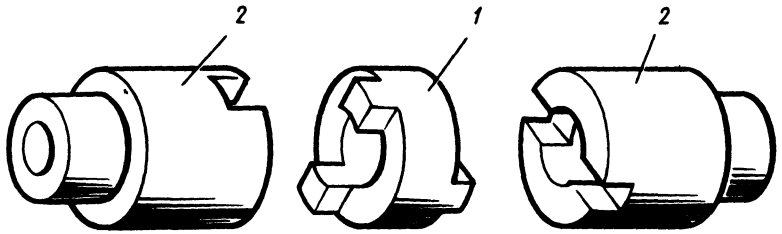


Рис. 328

Рис. 329

130. Фронтальные проекции художникам были заданы, горизонтальные они определили сами. Какие геометрические тела нарисовал в своем воображении каждый художник (рис. 325)?

Через некоторое время задания художникам повторили (рис. 326). Для тех же фронтальных проекций они нашли новые решения. Какие геометрические тела имели в виду художники теперь?

131. Решите задачу 6*.

132. Показаны лыжные палки с остриями в виде конуса, призмы и пирамиды (рис. 327). Фронтальные проекции их одинаковы, а горизонтальные? Закончите их построения.

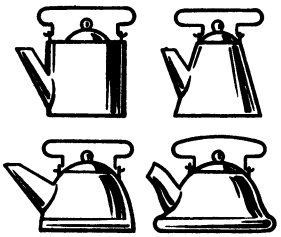
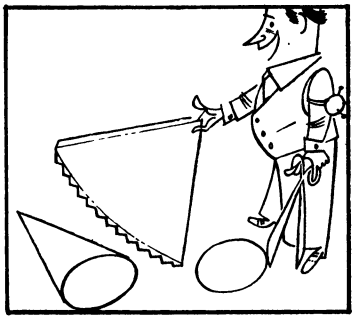


Рис. 330

133. Для передачи вращения между валами, которые могут быть несоосными, применяется плавающая муфта (рис. 328). Начертите в трех проекциях чертеж диска *1* и полумуфты *2*.

134. В подшипниках качения наряду с шариками (геометрическое тело — шар) могут быть и ролики — цилиндр, конус и тор (рис. 329). Почему не обходятся здесь каким-либо одним телом, тем же шаром? Когда используют свойства цилиндра, когда — конуса, а когда — тора?

135. Бывают чайники цилиндрические, конические, сферические. Чайник с расширяющейся нижней частью — самый экономичный (рис. 330). Почему?



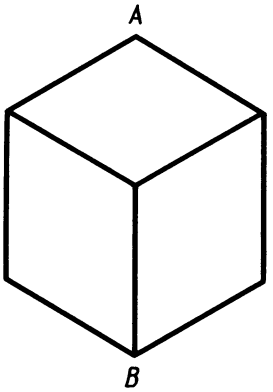


Рис. 331

РАЗВЕРТКИ

Возьмите в руки карандаш и проведите на гранях куба (рис. 331) кратчайший путь из точки *A* в точку *B*. Казалось бы, надо вести линию в переднюю верхнюю вершину куба, а затем вниз по ребру. Но этот путь, увы, не кратчайший.

Развернем грани куба в одну плоскость, отметим точки *A* и *B* и соединим их прямыми, как показано на рисунке 333.

Кратчайший путь, как видим, проходит через середины ребер куба, а не через его вершины. Этот путь мы обозначали на рисунке 332, *в* сплошными тонкими линиями.

Плоская фигура, полученная нами на рисунке 333, называется развёрткой куба.

Развертки имеют большое применение на машиностроительных заводах, обувных фабриках, в швейных мастерских. При построении развертки надо найти сначала истинные размеры и форму отдельных элементов предмета на чертеже. В простейших случаях развертки можно вычертить, не пользуясь проекциями предмета. Например, для построения развертки куба достаточно знать размер одного ребра куба. Для построения развертки прямой призмы достаточно знать три размера: длину, ширину и высоту призмы (рис. 334).

Общеизвестно также, что развертка цилиндра представляет собой прямоугольник, одна сторона которого равна высоте цилиндра, а другая — развернутой длине окружности основания $2\pi R$ (рис. 335).

Развертка боковой поверхности конуса, образующая которого l и радиус основания R, имеет форму сектора с радиусом l и центральным углом $\alpha = 360° \frac{R}{l}$ (рис. 336).

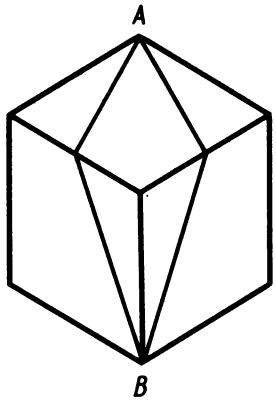


Рис. 332

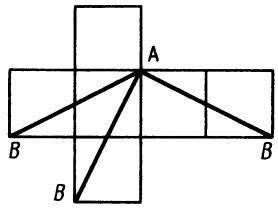


Рис. 333

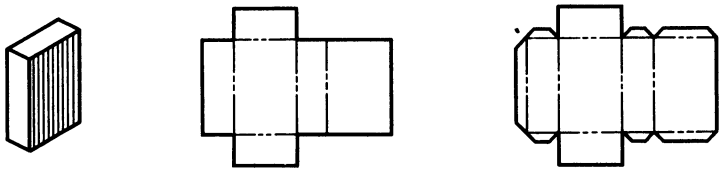


Рис. 334

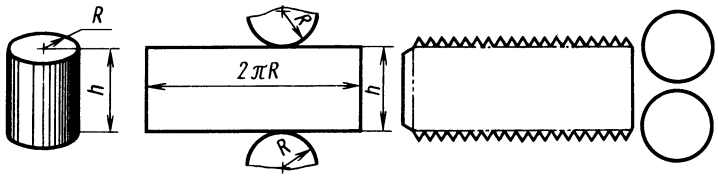


Рис. 335

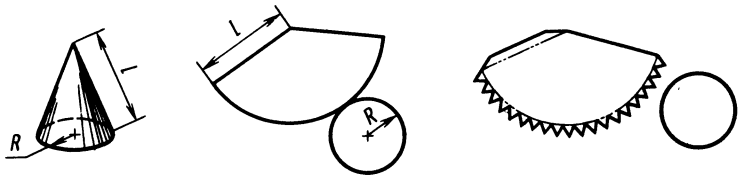
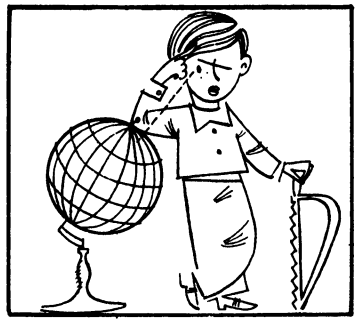


Рис. 336

Построения развертки цилиндра и конуса связаны, как видим, с вычислениями длины окружности.

В более сложных случаях (когда тело, например, усечено плоскостью) предварительно строят проекции предмета, а затем уже по ним — развертку.

Во многих случаях развертка предмета может иметь несколько вариантов. На практике выбирают тот вариант, при котором будет меньше отходов материала, меньшая длина швов и пр.



РАЗВЕРТКА ШАРА

В школе на уроках географии вы пользуетесь географическими картами. На картах мира (рис. 337, *а*) земной шар изображается в виде кругов — восточного и западного полушария.

Но разве развертка шара — круг или, точнее, два круга?

Попытаемся развернуть и совместить с плоскостью шаровую поверхность. Сделать это без складок и разрывов не удастся. Многие геометрические фигуры легко развертываются в плоскость, а шар — нет.

Если поверхность глобуса разрезать вдоль меридианов на маленькие дольки (сегменты) и выпрямить их, то в каждой из этих выпрямленных долек мы можем не заметить никаких видимых искажений. Но развертку мы получим с разрывом (рис. 337, *б*).

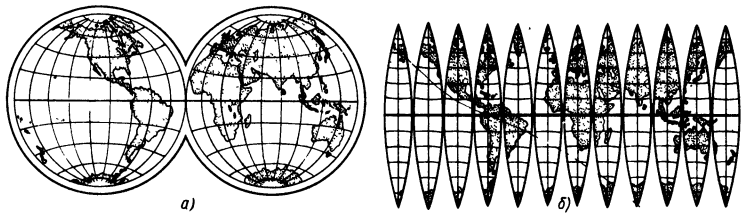


Рис. 337

Именно такие «дольки» нарезают по контуру и наклеивают одну возле другой на поверхность школьного глобуса. Присмотритесь к глобусу, и вы убедитесь, что это так.

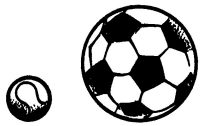
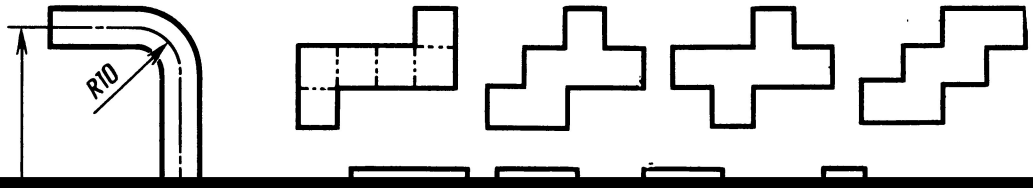
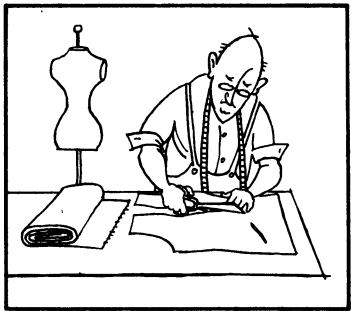


Рис. 338

Чтобы получить карту без разрыва, приходится допускать некоторые неточности, которые сводятся к искажению направлений, расстояний и площадей, неодинаковых


R10



СВЕРТКА И РАСКЛАДКА

На рисунке 350 показан чертеж гнутой детали, сочетающий проекции с разверткой. На развертке условными тонкими линиями отмечены границы сгиба с указанием «Линия сгиба».

При изготовлении детали сначала производят разметку на плоском листе по размерам, проставленным на развертке, затем вырезают из листа контур этой детали и полученную заготовку (развертку) сгибают (в штампе или иным способом), руководствуясь проекциями.

На рисунке 351 вы видите черный квадрат, составленный из семи кусочков, и сложенные из этих кусочков фигуры гуся, кошки и слуги.

Разрезание и складывание различных фигур, превращение одних фигур в другие имеют большое практическое значение.

Возьмем хотя бы развертку на рисунке 350. Ее вырезают из листа. Представьте, что производству нужна не одна, а сотни и даже тысячи таких деталей. Вот тут-то и надо уметь раскладывать шаблоны будущих заготовок. Удачная раскладка дает меньше отходов материала, удешевляет продукцию предприятия.

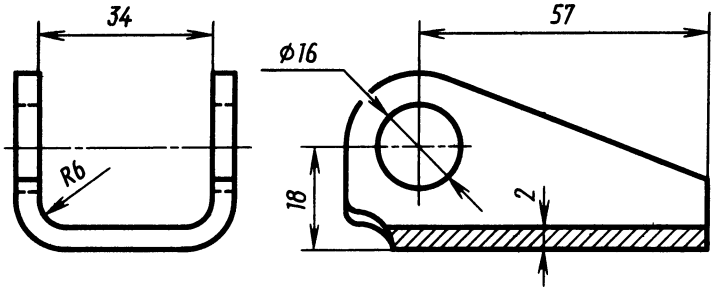
Примеры раскладок заготовки этой детали показаны на рисунке 352.

Иногда, чтобы при раскладке получалось меньше отходов, конструктор сознательно немного изменяет размеры и форму предмета (рис. 353).

Решите несколько задач.

●

147. По наглядному изображению деталей из листового материала (рис. 354) постройте их чертежи в трех проекциях и развертки. Размеры для построений определите глазомерно.



Развертка

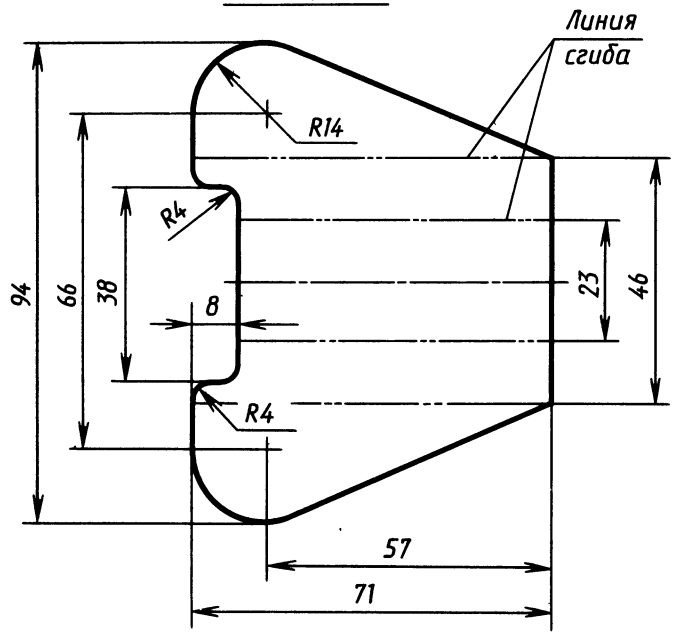


Рис. 350

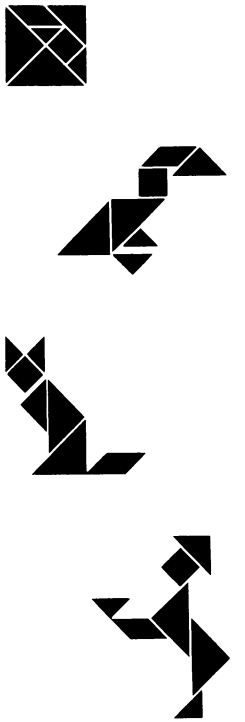


Рис. 351

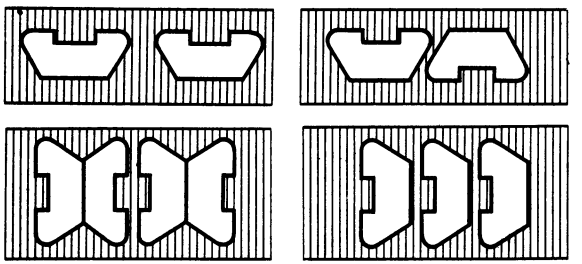


Рис. 352

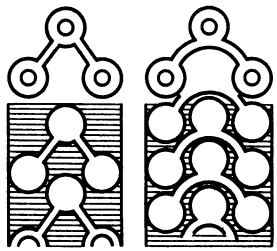
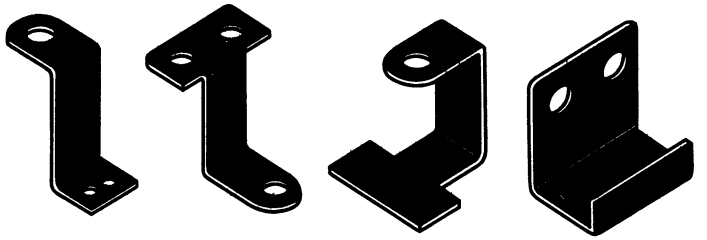
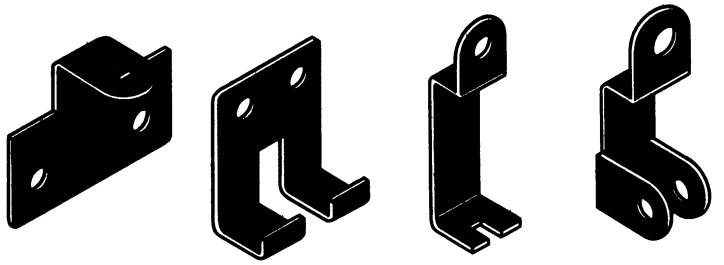


Рис. 353

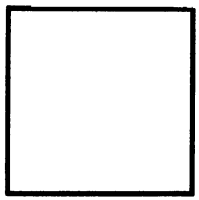


Лапка Лапка Кронштейн Скоба



Стенка Скоба Лапка Кронштейн

Рис. 354



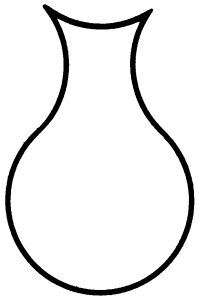


Рис. 355

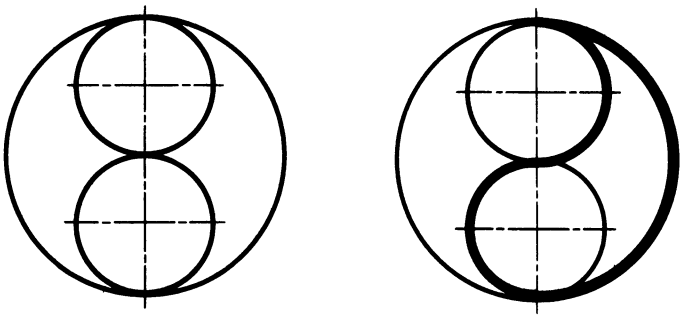


Рис. 356

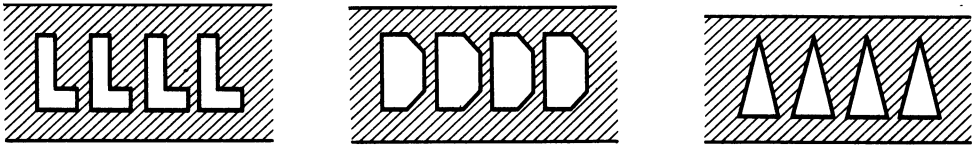


Рис. 357

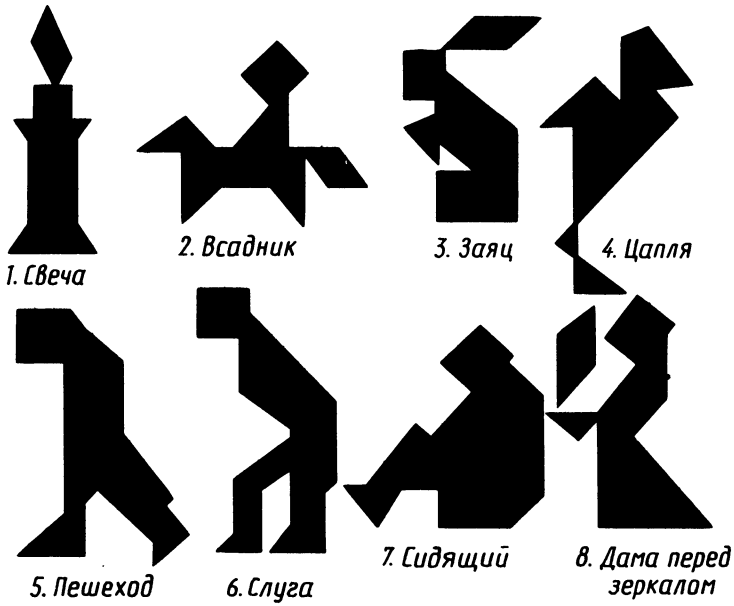


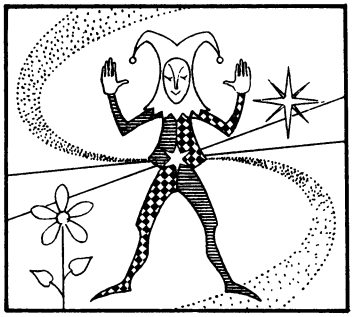
Рис. 358

148. Из квадрата надо составить фигуру, напоминающую кувшин (рис. 355). Как разрезать для этого квадрат?

149. На рисунке 356 показано, как из круга без отходов получить две запятые. А как из того же круга получить четыре запятые без отходов?

150. На рисунке 357 показаны раскладки различных заготовок. При такой раскладке, естественно, много материала уйдет в «отход». Сможете ли вы сделать более экономную раскладку?

151. Продолжим «китайскую головоломку» — складывание разных фигурок и картинок из семи кусочков квадрата, как показано на рисунке 351. В каждую фигуру (рис. 358) должны войти непременно все семь кусочков — ни один не должен оставаться; кусочки не должны также налегать друг на друга, а только примыкать один к другому без пробелов.



СИММЕТРИЯ

Поставьте перед собой на столе зеркало, положите перед ним бумагу и напишите два слова: «кофе» и «чай».

Взглянув в зеркало вы увидете странную картину: слово «кофе» сохранило в зеркале свое начертание, а буквы второго слова перевернулись «вверх ногами» (рис. 359).

Рис. 359

Спрашивается, почему же так получилось.

Если вы подумаете, то, вероятно, найдете ответ: буквы слова «кофе» также перевернулись, но так как они симметричны относительно горизонтальной оси, то их начертание в зеркале не изменилось.

Каждый из нас может легко получить симметричную фигуру, сделав кляксу на листе бумаги и затем перегнув лист (рис. 360, *а*) и слегка прижав обе половинки.

Получить симметричную фигуру можно и не перегибая листа, а с помощью геометрических построений (рис. 360, *б*).

Чтобы построить точку A_1, симметричную точке A, достаточно опустить из нее перпендикуляр на ось OL и на его продолжении за точку O отложить отрезок $OA_1 = OA$.

Точка A_1 симметрична точке A относительно прямой OL, но и точка A симметрична точке A_1 относительно OL. Именно поэтому говорят, что точки A и A_1 симметричны друг другу (или просто симметричны) относительно прямой OL.

Прямая OL называется осью симметрии фигуры.

Наряду с симметрией относительно прямой (о с е в о й симметрией) рассматривают симметрию относительно плоскости (п л о с к о с т н у ю, или з е р к а л ь н у ю, симметрию) и симметрию относительно точки (ц е н т р а л ь н у ю симметрию).

В черчении линии, выявляющие симметрию изображаемого предмета, называются о с е в ы м и и ц е н т р о в ы м и.

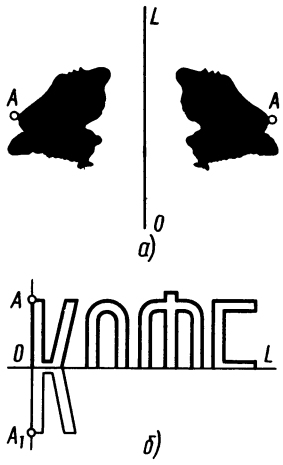


Рис. 360

А Б В Г Д Е Ж З
И К Л М Н О П Р
С Т У Ф Х Ц Ч Ш
Щ Ы Ь Ъ Э Ю Я

Рис. 361

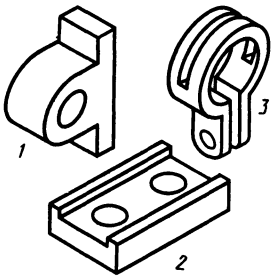


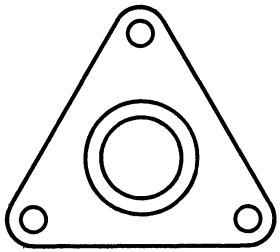
Рис. 362

По ГОСТ осевые и центровые линии принято наносить тонкими штрихпунктирными линиями.

Осевая линия на чертеже — это либо проекция плоскости симметрии, либо геометрическая ось (ось симметрии) поверхности вращения.

Из геометрии вам известно, что окружность симметрична относительно любой прямой, проходящей через ее центр.

На изображении окружностей обязательно наносят две взаимно перпендикулярные оси — центровые линии.



Фланец

Рис. 363

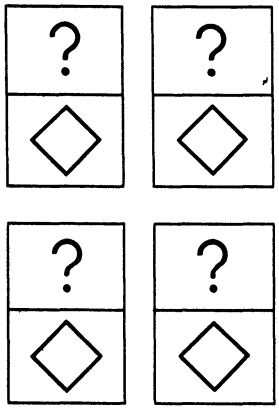


Рис. 364

152. Не приходилось ли вам рассматривать алфавит с точки зрения симметричности букв? Попробуйте выделить на рисунке 361 следующие группы букв: 1) имеющие только вертикальную ось симметрии; 2) имеющие только горизонтальные оси симметрии; 3) имеющие только центр симметрии; 4) имеющие и центр и оси симметрии; 5) не имеющие признаков симметрии.

153. Сколько плоскостей симметрии имеет каждый из предметов (рис. 362)? Сколько осей симметрии целесообразно нанести на их проекциях?

154. Нанесите осевые и центровые линии на проекции «фланца» (рис. 363).

155. Перед вами проекции цилиндров без осевых линий (рис. 364).

Нанесите осевую линию в одном случае горизонтально, в другом — вертикально, в третьем и четвертом — поразному наклонно и постройте фронтальные проекции теперь уже вполне определенных, но, увы, разных цилиндров.

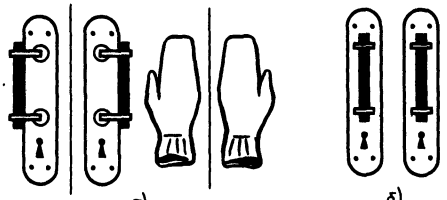


Рис. 365

Рис. 366

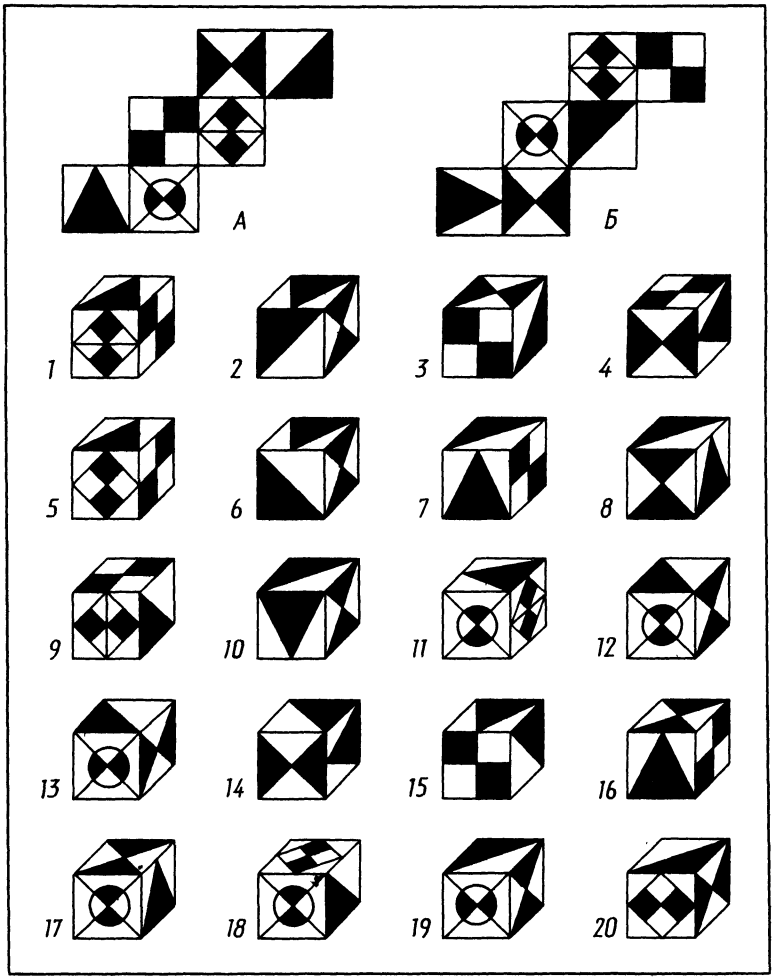


Рис. 367

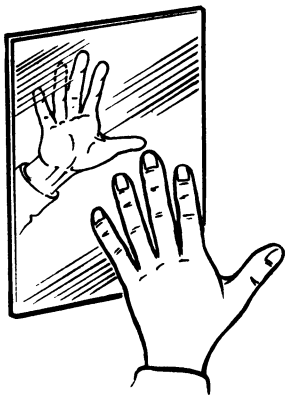


Рис. 368

156. Дверные ручки на рисунке 365, *а* похожи, как левая варежка на правую — они симметричны. На рисунке 365, *б* дверные ручки одинаковы.

Какую пару ручек выбрали бы вы для своей двери?

157. Выявите ось симметрии орнамента (рис. 366).

158. Какие из 20 кубиков соответствуют развертке *А*, а какие — развертке *Б* (рис. 367)?

159. Вот вам вопрос из области симметрии: «Что может сильнее походить на мою руку, чем ее отражение в зеркале? И тем не менее я не могу совместить отражения ладони и внешней стороны одной и той же руки» (рис. 368).

Согласны ли вы с данным утверждением? Какими фигурами являются рука и ее отражение в зеркале?

(Попробуйте приложить к зеркалу ладонь, обведите ее, затем поверните руку внешней стороной к зеркалу.)

160. Написание слова «нос» имеет горизонтальную ось симметрии, слова «потоп» — вертикальную (рис. 369). Как надо написать слово «Наташа», чтобы и оно обрело ось симметрии?

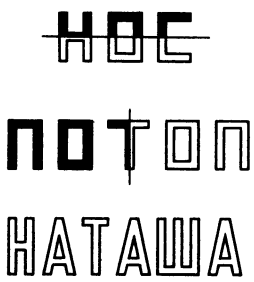
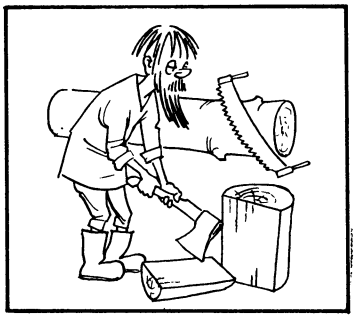


Рис. 369

О ПРЕДМЕТАХ, ИМЕЮЩИХ ПЛОСКИЕ СРЕЗЫ



В практике черчения часто приходится иметь дело с предметами, которые удобно рассматривать как геометрические тела, имеющие различные плоские срезы. Срезы получают с помощью плоскостей, называемых секущими.

Молоток, имеющий форму призмы, срезан плоскостью, чтобы можно было расплющивать предметы (рис. 370, *а*). Верх столба (цилиндра) срезан для стока дождевой воды, благодаря чему он не будет преждевременно загнивать (рис. 370, *б*). Бетонная пирамида, которыми перекрывают русла рек при строительстве электростанций, срезана для образования площадки под захват

(рис. 370, *в*). Конус водосточной трубы (рис. 370, *г*) и шар рукоятки (рис. 370, *д*) срезаны для того, чтобы иметь возможность соединить их с другими частями предметов.

Плоские срезы могут быть выполнены одной, двумя, тремя и т. д. плоскостями. Например, «косынку» (рис. 371) удобно представить как призму, срезанную четырьмя плоскостями.

Иногда из-за срезов исходное тело не сразу угадывается. Такова полусферическая капитель (деталь колонны), срезанная с четырех сторон вертикальными плоскостями и горизонтальной плоскостью (рис. 372). Торцевые зубья режущего инструмента образованы на цилиндре рядом наклонных плоскостей (рис. 373).

При пересечении многогранника плоскостью получается плоская фигура — многоугольник, при пересечении тел вращения — плоская фигура, ограниченная в большинстве случаев кривой линией. Вид сечения тел плоскостью зависит от положения последней по отношению к оси этого тела.

Выберем для примера цилиндр (рис. 374).

Так как цилиндр пересекается плоскостью P (она задана на чертеже следом P_V), наклонной к его оси, то форму линии сечения можно определить заранее — это эллипс.

Фронтальная проекция этого эллипса — прямая $1'$-$2'$, совпадающая со следом секущей плоскости P_V. Она же определяет большую ось эллипса.

Горизонтальная проекция — окружность, совпадающая с горизонтальной проекцией цилиндра.

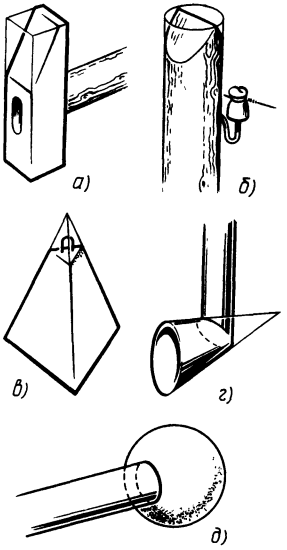


Рис. 370

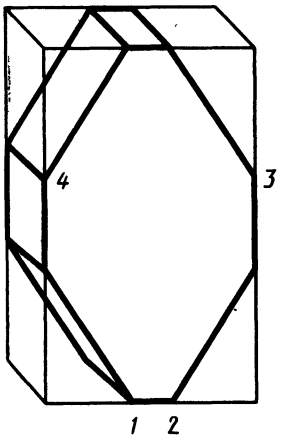


Рис. 371

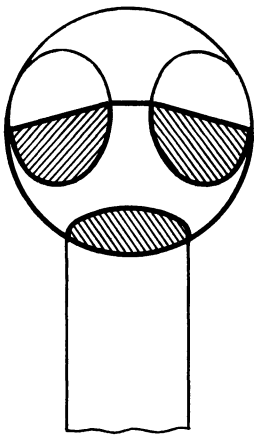


Рис. 372

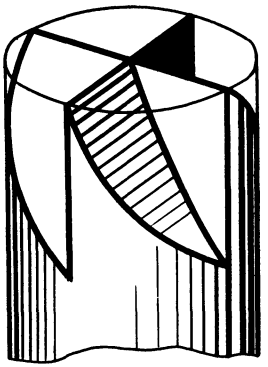


Рис. 373

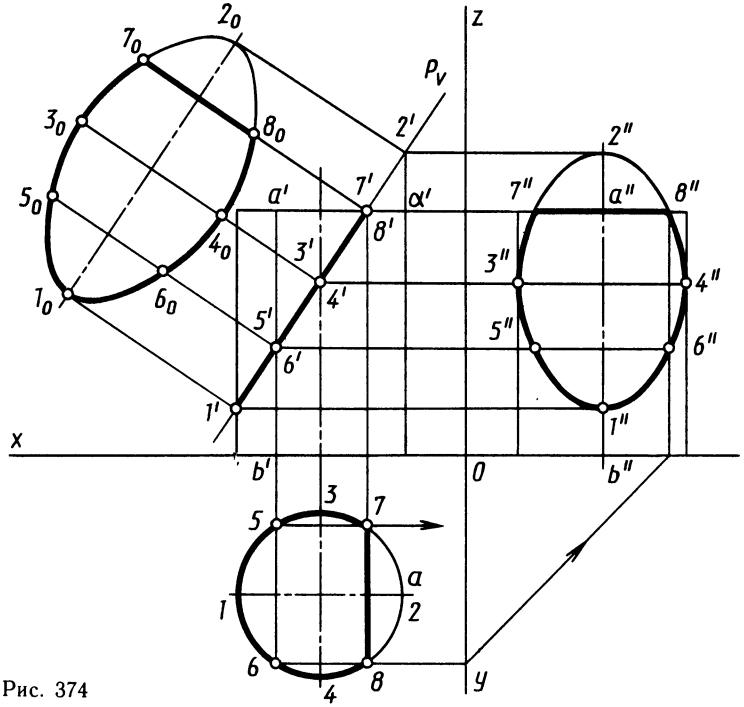


Рис. 374

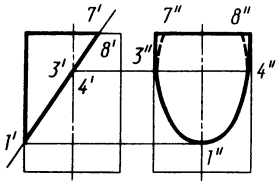


Рис. 375

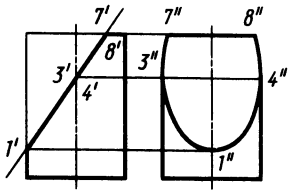


Рис. 376

Профильную проекцию строят по отдельным точкам. Вначале находят так называемые характерные точки кривой: *1″* и *2″*, определяющие большую ось эллипса, *3″* и *4″*, определяющие малую ось эллипса. Эти точки находят переносом по линиям связи. Промежуточные точки (например, *5″* и *6″*) строят, пользуясь вспомогательной образующей (например, *a′b′*).

Пересечение плоскости *P* с верхним основанием цилиндра дает прямую *7-8*, проекции которой находятся в следующей последовательности: вначале фронтальные проекции *7′* и *8′* точек, затем — горизонтальные *7* и *8*, по ним — профильные *7″* и *8″*.

Итак, проекции фигуры косого среза цилиндра найдены. Остается выделить контурными линиями часть цилиндра выше плоскости сечения (рис. 375), или ниже (рис. 376), смотря по тому, что требуется по условию.

Несколько слов об участке эллипса в точке *2*. Этот участок не принадлежит цилиндру на заданной высоте и поэтому обводится тонкой линией или вовсе не обводится. Роль точки *2* заключается в том, что она позволяет наиболее точно построить искомую кривую.

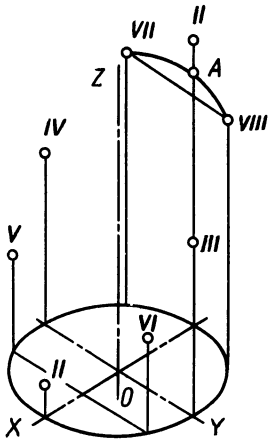


Рис. 377

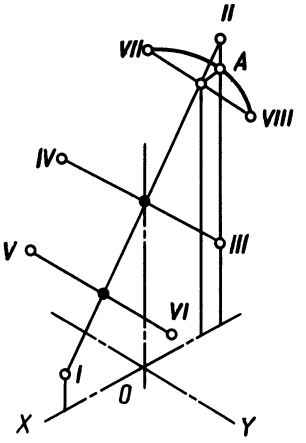


Рис. 378

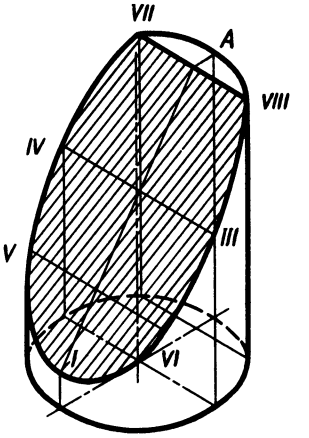


Рис. 379

На рисунке 377 показано построение аксонометрического изображения, начатого с построения основания цилиндра; на рисунке 378 — начатого с построения фигуры сечения независимо от основания цилиндра. Законченное построение показано на рисунке 379.

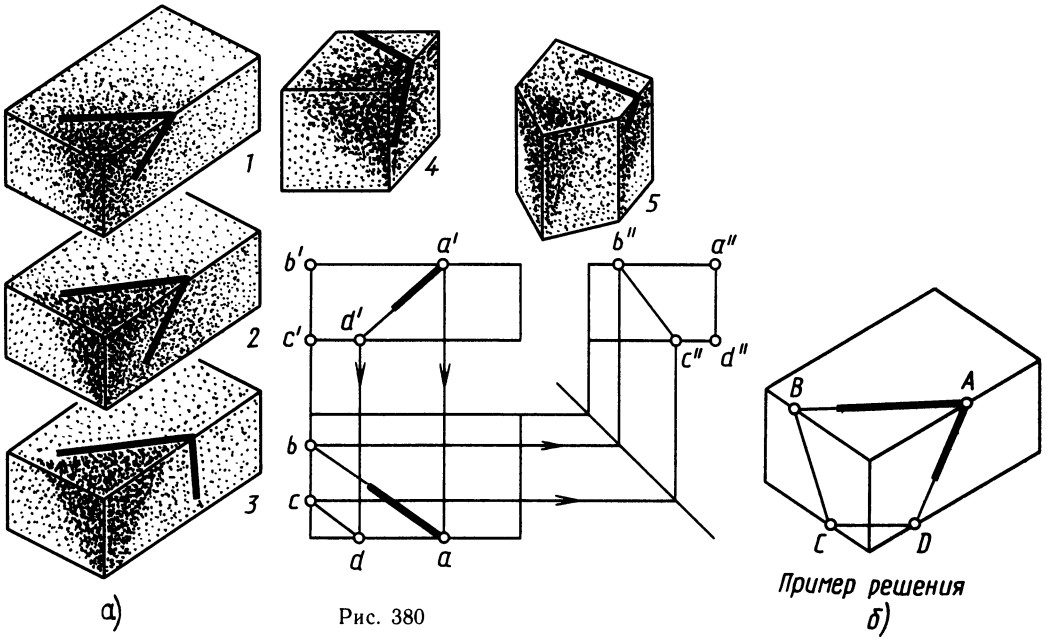


Рис. 380

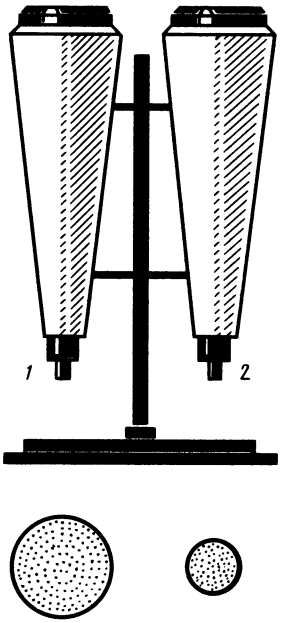


Рис. 381

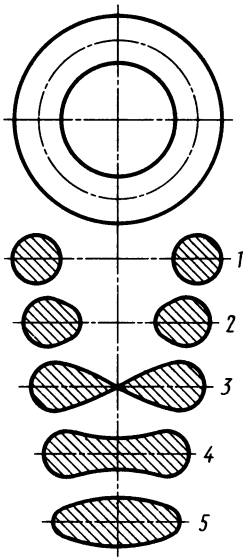


Рис. 382

161. Какие фигуры получаются в сечении брусков, если их распилить по намеченным следам на две части (рис. 380, *а*)?

Выполните чертеж и наглядное изображение одного из брусков по приведенному образцу (рис. 380, *б*).

162. Перед вами стойка для продажи соков (рис. 381). Отметьте уровень сока в конусах *1* и *2*. (Кружками с точками обозначены поверхности соков в конусах.)

163. У кругового кольца может быть пять различных фигур сечения (рис. 382). Они обозначены номерами 1...5.

Укажите на проекции кругового кольца местоположение секущей плоскости для каждого случая.

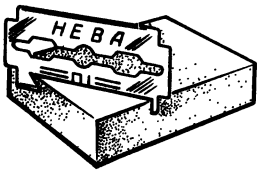


Рис. 383

164. Найдите ошибку в рисунке (рис. 383).

165. На рисунке 384 одной проекцией представлены: пирамида с квадратным основанием *1...8,* цилиндр *9...16,* конус *17...24* и шар *25...32*, имеющие различные срезы и вырезы.

Постройте три проекции и наглядные изображения этих тел, руководствуясь рисунками слева.

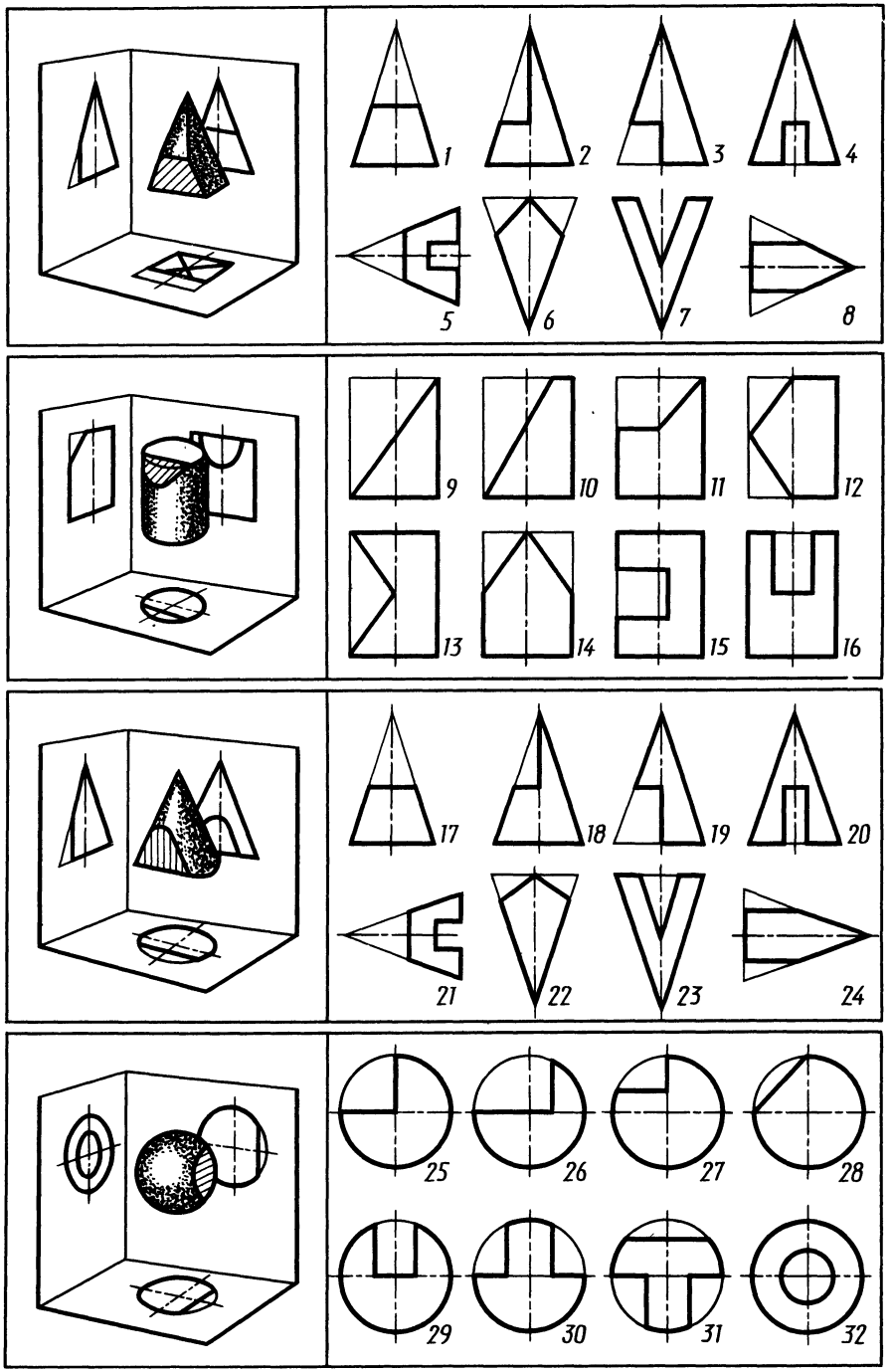
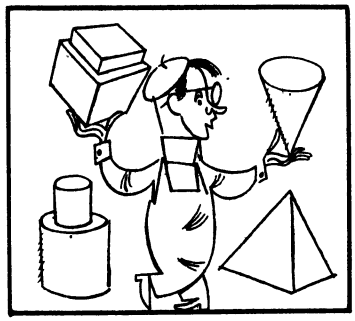

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

Рис. 384



ЗАГАДОЧНЫЕ ПРОЕКЦИИ ПРОСТЫХ ТЕЛ

В прямоугольных проекциях многие предметы различной формы проецируются одинаково на одну, а иногда и на две плоскости проекций.

Например, горизонтальную проекцию в виде круга имеют цилиндр, конус, шар и некоторые другие предметы (рис. 385). Даже если известно, что дана проекция цилиндра, то по одной горизонтальной проекции нельзя определить, полный это цилиндр или только его часть (рис. 386).

Для того чтобы определить, какой предмет спроецирован, необходимо иметь вторую проекцию.

Но не всегда нам может помочь и вторая проекция. Попробуйте определить, что за предмет изображен на рисунке 387. Оказывается, такие проекции могут иметь различные предметы (рис. 388).

А вот еще две проекции одного предмета, и обе они представляют собой круг (рис. 389). Что это такое? Вы сразу скажете, что это шар! Не торопитесь! Мы уже знаем, что вне зависимости от того, является ли цилиндр полным или это только его часть, одна из проекций представляет собой круг (см. рис. 386). Посмотрим, нельзя ли получить другую проекцию в виде круга. Попробуем отсечь часть цилиндра плоскостью

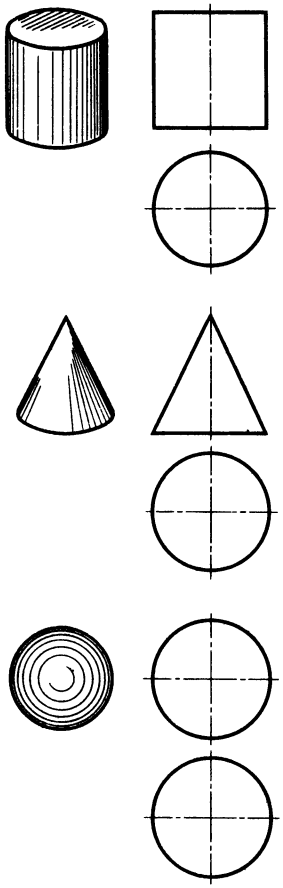


Рис. 385

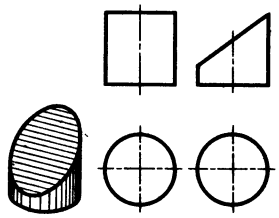


Рис. 386

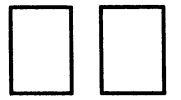


Рис. 387

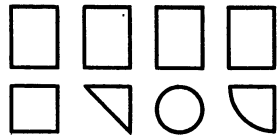


Рис. 388

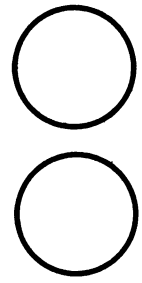


Рис. 389

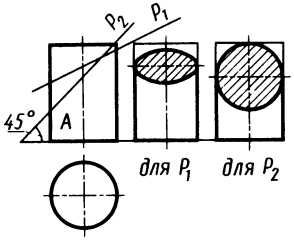


Рис. 390

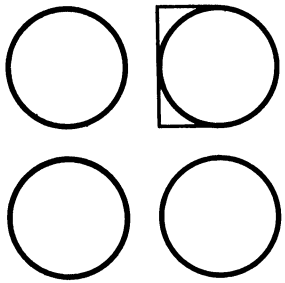


Рис. 391

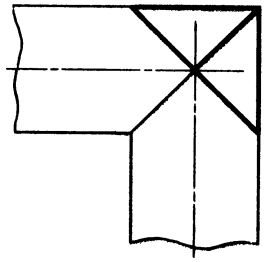


Рис. 392

P_1 (рис. 390) — на профильной проекции появится эллипс. А если плоскость сечения P_2 будет иметь угол наклона к горизонтальной плоскости 45°, то на профильной проекции появится круг.

Проведя сечение через точку A цилиндра и повернув его на 90°, мы получим проекции, представленные на рисунке 391. Теперь осталось убрать уголки.

Если прикрепить такой предмет плоскостью сечения к патрону токарного станка и подрезать, получим новый предмет, имеющий две проекции в виде кругов.

Это отсеченный угол двух сплошных цилиндрических тел (рис. 392).

Теперь вы легко определите, что за предмет изображен на рисунке 393. Это, очевидно, тоже отсеченный стык, но уже двух полых цилиндрических тел.

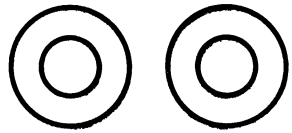


Рис. 393

Таким образом, можно заключить, что при выполнении чертежей различных предметов очень важно правильно выбрать количество проекций и расположение предметов при проецировании. Иначе чертеж не будет понятным.

Большое значение для чтения чертежей имеет правильное нанесение осевых и штриховых линий.

Попробуйте определить, что изображено на рисунке 394. Эта задача представляет некоторую трудность. Но стоит только нанести осевые линии, как задача сразу упростится. Станет понятно, что здесь изображено тело вращения, и мы легко нарисуем его аксонометрическое изображение (рис. 395).

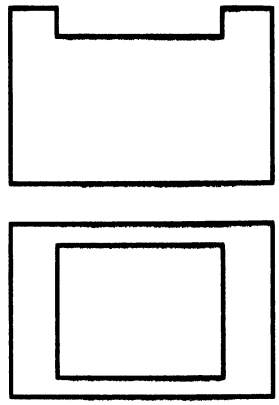


Рис. 394

Сравните между собой проекции деталей, изображенных на рисунках 396 и 397. Легко заметить, что разница заключается только в штриховых линиях на виде спереди. Однако появление этих линий меняет конфигурацию детали. Оказывается, что деталь, изображенная на рисунке 397, в отличие от детали, изображенной на рисунке 396, вместо прямоугольных выступов имеет выступы с наклонными или криволиней-

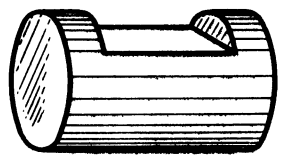


Рис. 395

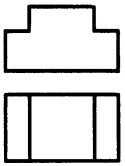


Рис. 396

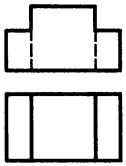


Рис. 397

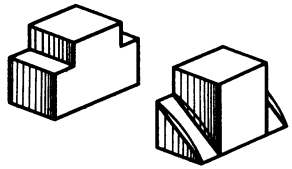


Рис. 398

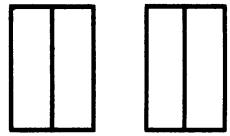


Рис. 399

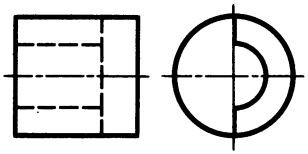


Рис. 400

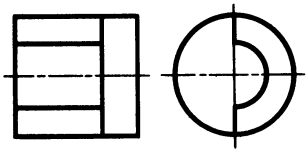


Рис. 401

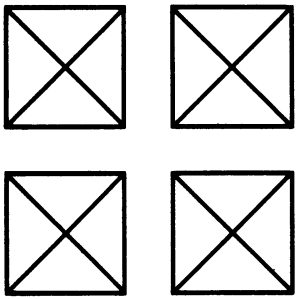


Рис. 402

ными поверхностями (рис. 398). Как видите, на чертежах не бывает лишних линий. Каждая линия имеет определенное значение и помогает нам правильно прочитать чертеж.

Решите несколько задач на построение третьей проекции и аксонометрических изображений.

●

166. Вычертите в трех проекциях и нарисуйте 10 деталей, которые имели бы две проекции, показанные на рисунке 399.

167. Решите задачу 20*.

168. Какая разница между деталями, проекции которых даны на рисунках 400 и 401? Найдите третью проекцию, нарисуйте общие виды этих деталей.

169. Четверо школьников изобразили четыре одинаковые фронтальные проекции (рис. 402). Когда очередь дошла до горизонтальных проекций, то ученики изобразили их по-разному (рис. 403).

Кто же из учеников прав? А может быть, все решения правильны?

170. Подумайте, как устроены модели, проекции которых изображены на рисунке 404.

171. Один мальчик изобразил проекции цилиндра (рис. 405, *а*). Другой — добавил к ним прямые линии

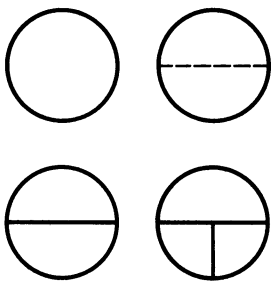


Рис. 403

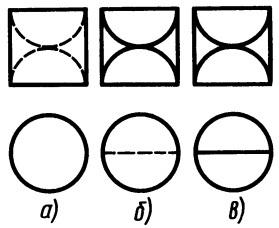


Рис. 404

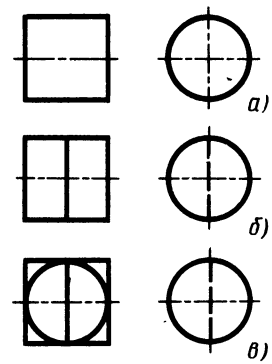


Рис. 405

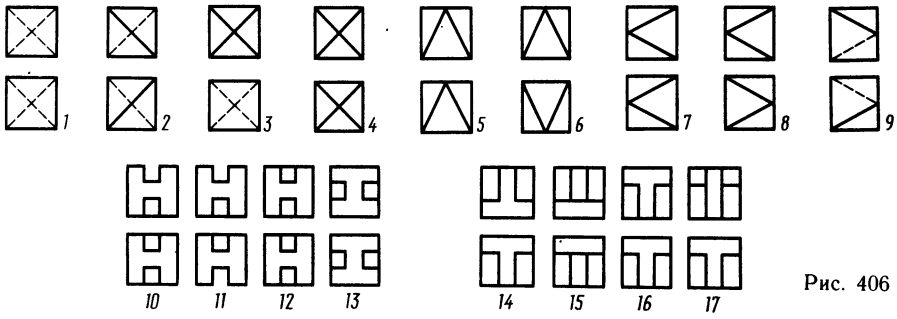


Рис. 406

(рис. 405, *б*). А третий — ко всему окружность (рис. 405, *в*).

Скажите, есть ли какой-нибудь смысл в проекциях на рисунке 405, *в*. А в проекциях на рисунке 405, *б*?

172. По заданным двум проекциям начертите третью и нарисуйте общий вид деталей (рис. 406).

173. На рисунке 407, *а* и *б* вы видите два непохожих чертежа. Однако это изображения одного и того же предмета. Докажите.

Постройте наглядное изображение этого предмета.

174. В черчении простое и сложное рядом. На данной задаче мы хотим показать это (рис. 408).

В левом столбике даны проекции предметов, которые легко читаются, в правом — очень похожие на них проекции, но с небольшими дополнениями, которые «мешают» сразу понять форму предмета.

Догадайтесь, что изображено на проекциях слева и что — справа. Постройте наглядные изображения этих предметов.

175. По заданным двум проекциям начертите третью проекцию и нарисуйте общий вид деталей (рис. 409).

Не надо думать, что в приведенных задачах даны проекции абстрактных предметов. В действительности это элементы конкретных деталей. Проанализируйте изображения справа и вы обнаружите некоторые из них.

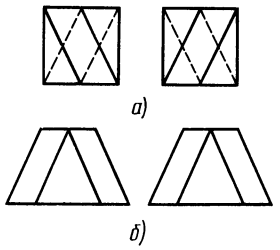


Рис. 407

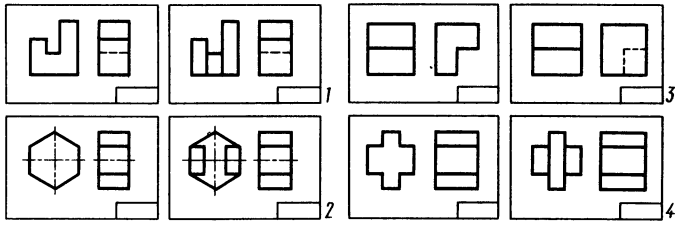


Рис. 408

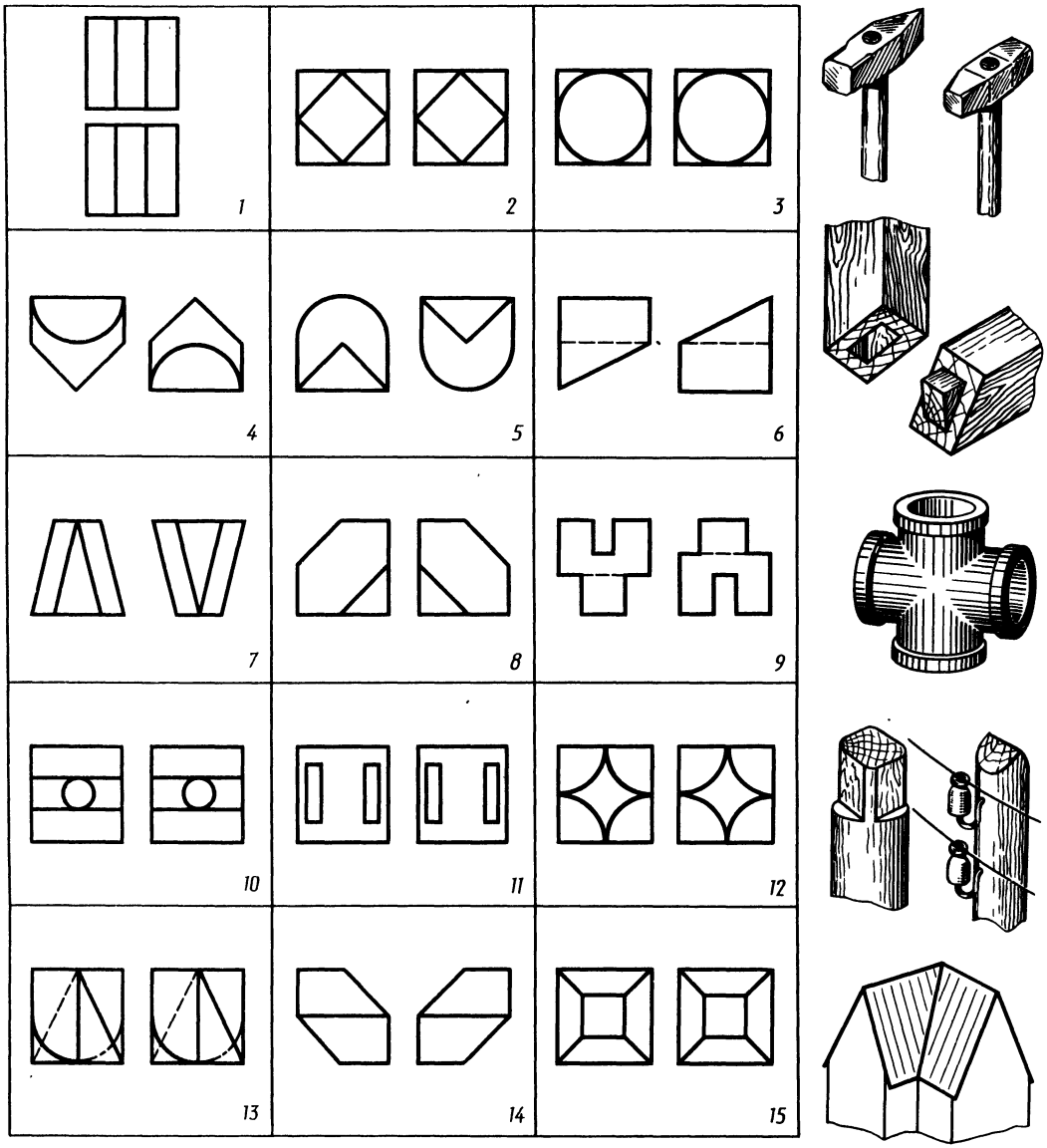
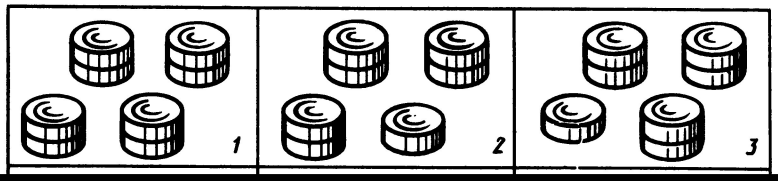


Рис. 409


1
2
3

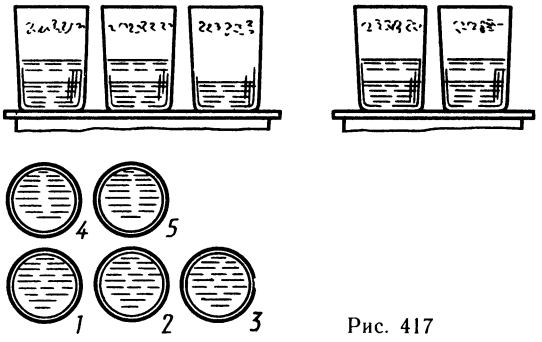


Рис. 417

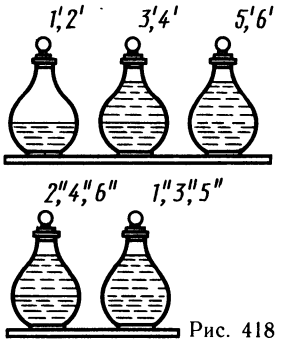


Рис. 418

ке в двух проекциях. Сколько шашек на столе, если черных и белых поровну?

181. На столе стоит пять стаканов с водой. Изображение дано на рисунке 417 в трех проекциях. Сколько воды в стакане *2*, если в стакане *1* воды половина?

182. Во всех ли шести графинах есть вода (рис. 418) и сколько именно в каждом?

183. Как далеко от стены, на которую падает свет, поставлена настольная лампа (рис. 419)?

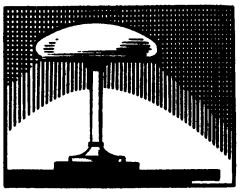


Рис. 419

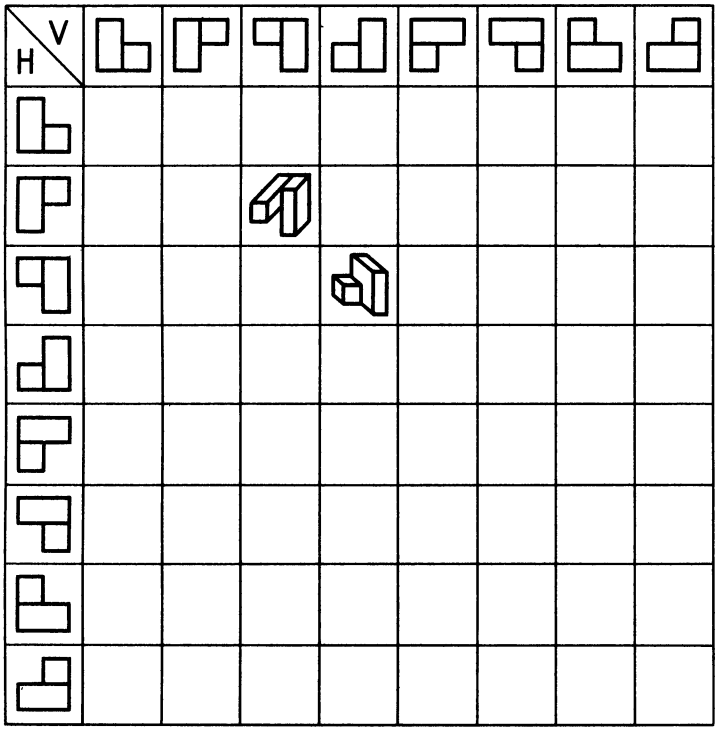
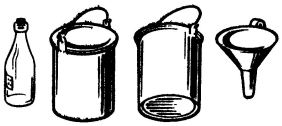


Рис. 420



Пример с ведром

Замерьте расстояние и, учитывая масштаб чертежа 1:20, назовите цифру.

184. На таблице (рис. 420) дано восемь вертикальных и восемь горизонтальных проекций фигур, составленных из двух параллелепипедов. Всего, следовательно, изображено 64 различных эпюра, причем линия

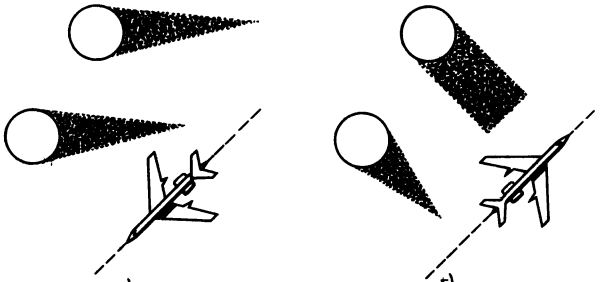


Рис. 424

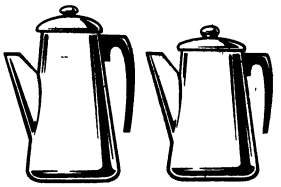


Рис. 425

191. Какой кофейник более вместительный (рис. 425)? Кажется, вопрос бесспорен. Но так ли это?

192. На рисунке 426 изображены три знакомые нам электрические транспортные машины. И хотя на рисунке видны только очень похожие друг на друга верхние половины машин, одна деталь позволяет точно определить, какие это машины. О какой детали идет речь? Назовите, какие это машины, и скажите: почему эта деталь, имеющая одинаковое назначение для всех машин, везде сделана по-разному?

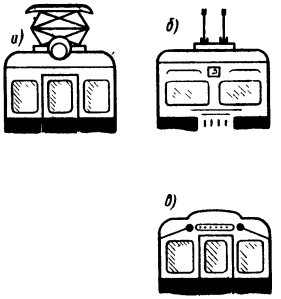


Рис. 426

193. Среди этих фигур узнайте контуры утюга, резца, винта, ракеты, лодки, дома (рис. 427).

194. Забит ли гол или вратарь еще успеет взять мяч (рис. 428)?

195. На рисунке 429, *а, б* и *в* даны силуэты трех проекций различных деталей. Расположите в каждом случае проекции по правилам проекционной связи, дочертите недостающие линии и изобразите детали в общем виде.

196. Слово ГОСТ, где буква Г с некоторым дефектом, составлено из трех проекций и сечения (буква С) одной детали (рис. 430). Изобразите деталь в трех проекциях и нарисуйте ее общий вид.

197. Для деталей, изображенных в задачах 195, 196, вычертите и нарисуйте другие детали, которые дополняли бы первые до цилиндров.

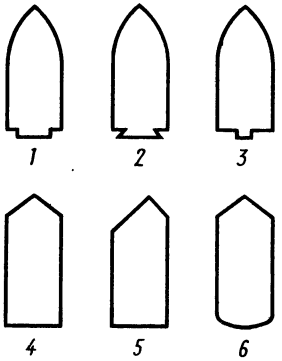


Рис. 427

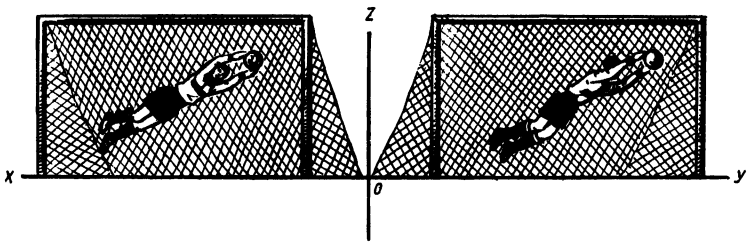


Рис. 428

а) б) в)

Рис. 429

Рис. 430

198. На рисунке 431 изображены предметы с тремя отверстиями или углублениями. Придумайте, вычертите в необходимом количестве видов и нарисуйте для каждого случая пробку, которая могла бы без зазора закрыть любое из трех отверстий.

199. На рисунке 432 изображены четыре замочные скважины. Придумайте ключ, который подходил бы ко всем четырем скважинам. Вычертите и нарисуйте его.

200. Изобразите деталь, которая состояла бы из половины конуса и половины цилиндра с вырезом. При этом деталь при сложении с другой такой же деталью должна дать полный цилиндр той же высоты и без пустот.

201. Дан куб, на ребрах и гранях которого располагается пространственная фигура из проволоки (рис. 433).

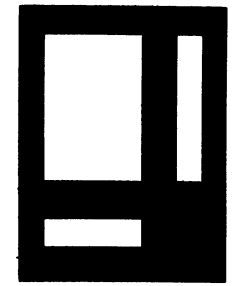
Как расположить в этом кубе вторую такую же фигуру, чтобы получить проекции, изображенные рядом?

202. На рисунке 434 даны шесть проекций мяча. Расположите проекции по правилам ГОСТ, и, читая слева направо, а потом сверху вниз, вы узнаете, что здесь написано.

203. Перед вами городошные фигуры (рис. 435), вычертите каждую в двух проекциях.

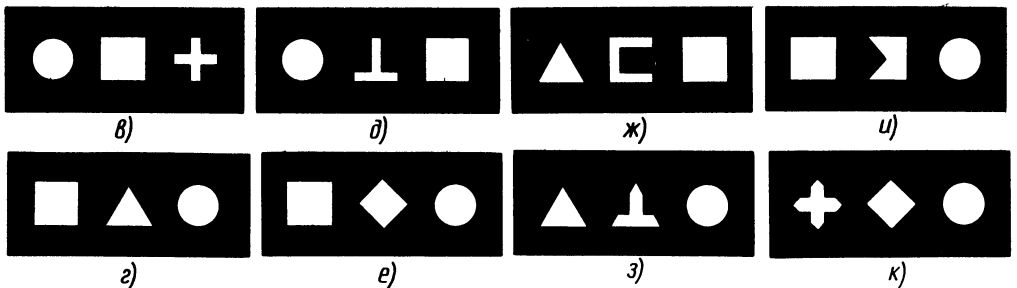
204. По двум заданным проекциям постройте третью (рис. 436).

205. На рисунке 437 даны проекции чайных ложек. Скажите, какая ложка легче.



а)

б)



в) д) ж) и)

г) е) з) к)

Рис. 431

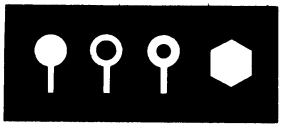


Рис. 432

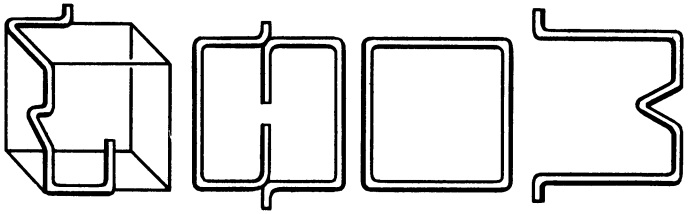


Рис. 433

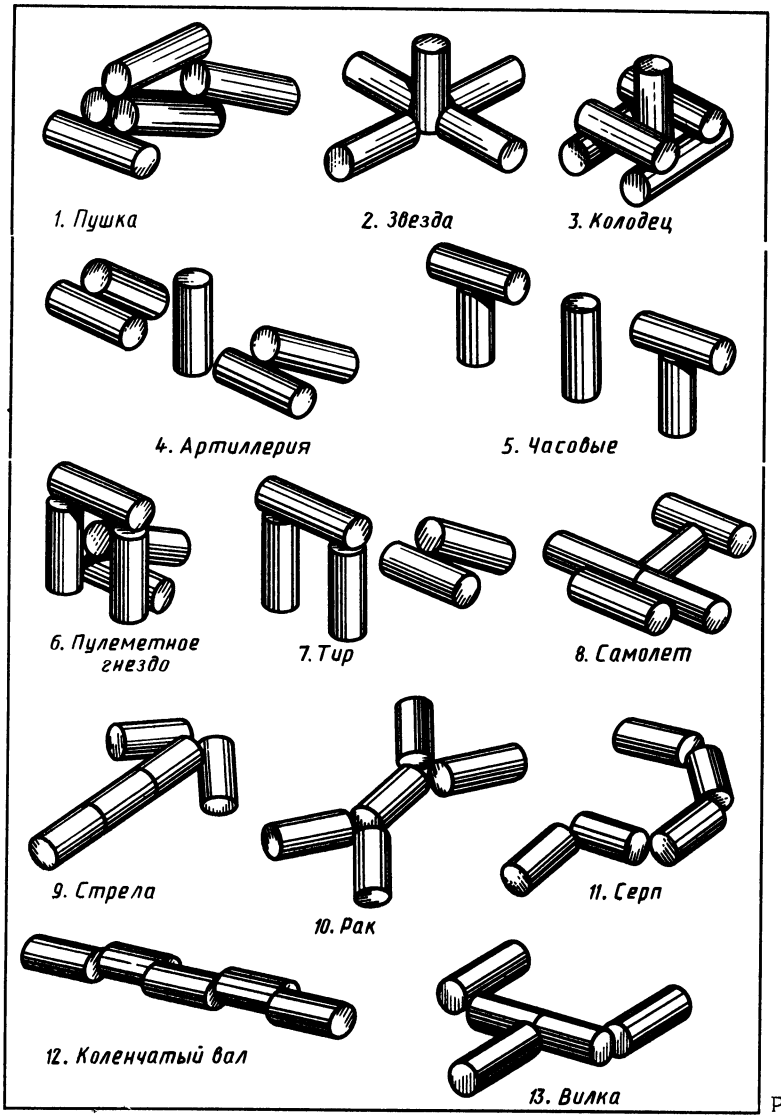


Рис. 435

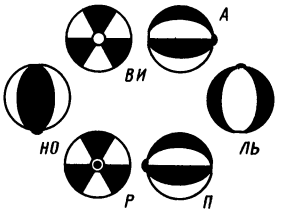


Рис. 434

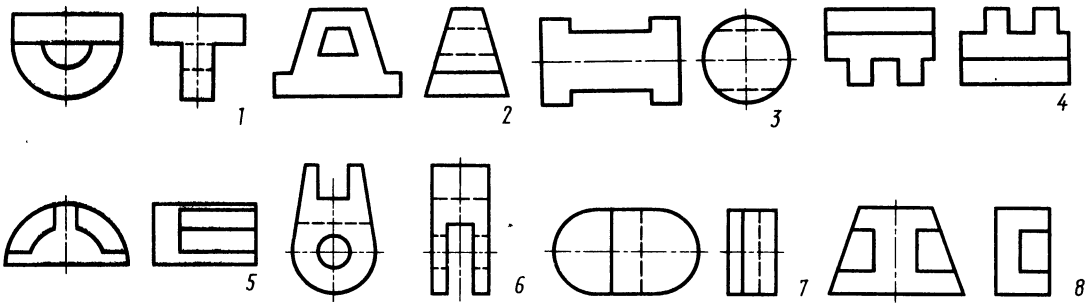


Рис. 436

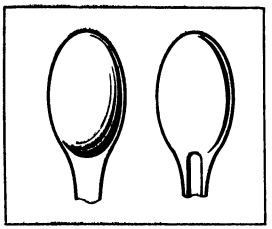


Рис. 437

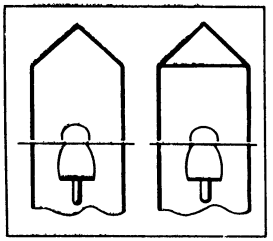


Рис. 438

206. Чем отличаются эти столбы (рис. 438)?

207. Нанесите недостающие линии на чертежах карандашей (рис. 439).

208. Данный пример (рис. 440) — усложненный вариант задачи 44. Одно из представленных здесь изображений является проекцией ключа, другое — проекцией замочной скважины, остальные два можно рассматривать и как проекцию ключа и как проекцию замочной скважины. Определите, что представляет собой каждое изображение.

209. На рисунке 441 нижняя часть, изображенная прямоугольником, цилиндрическая, а верхняя, изображенная двумя окружностями, представляет собой в одном случае цилиндр, в других — конус, шар и тор.

Узнайте, где какое тело изображено.

210. На рисунке 442 показаны четыре варианта пересечения цилиндрических стержней.

Как будут выглядеть стержни в каждом случае? Нарисуйте их.

211. Где холм, а где — яма (рис. 443)? По какому склону холма легче подниматься: по правому или левому?

212. Какой столб телеграфный, а какой — электрический (рис. 444)?

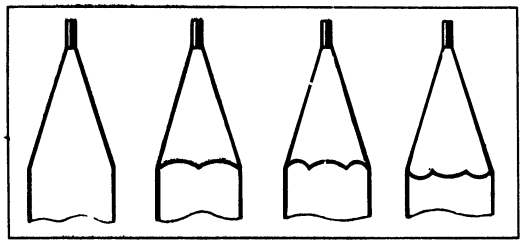


Рис. 439

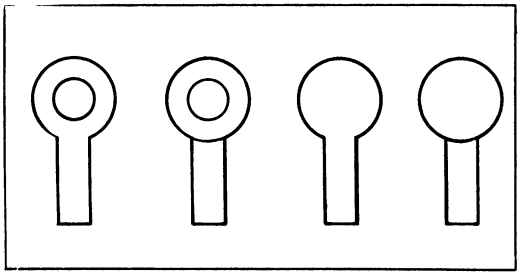


Рис. 440

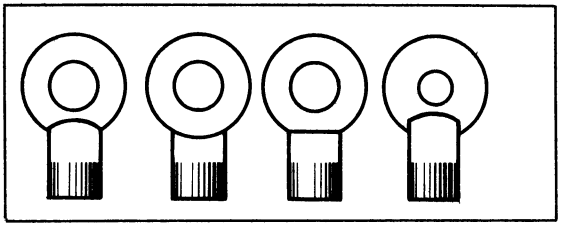


Рис. 441

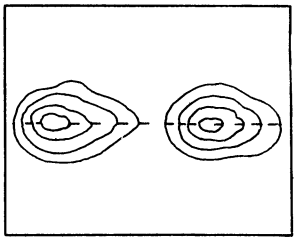


Рис. 442

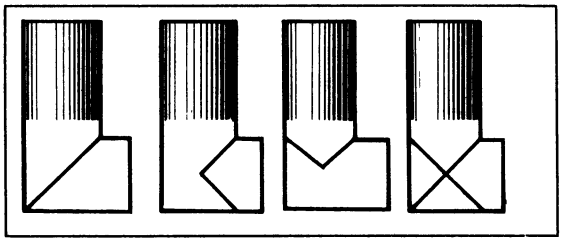


Рис. 443

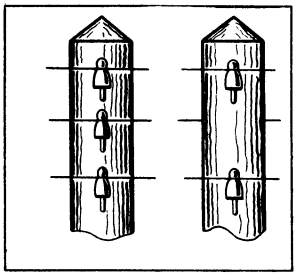
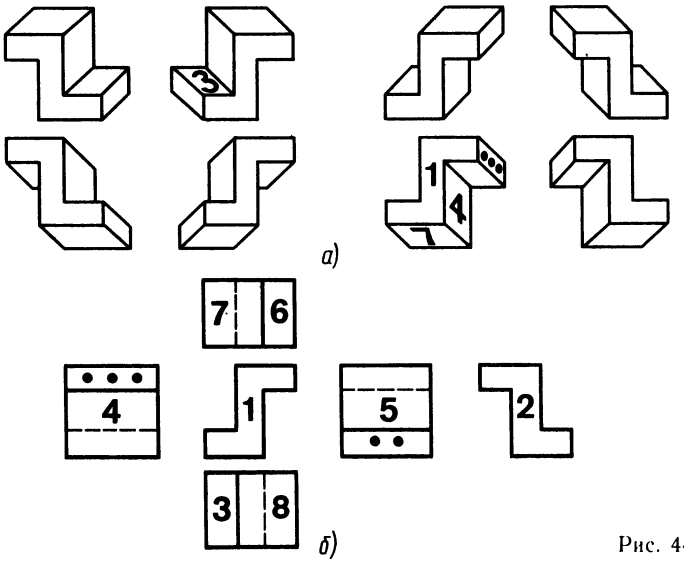


Рис. 444

213. Решите задачу 30*.

214. На аксонометрических осях можно по-разному поместить предмет в зависимости от того, какие его грани мы хотим увидеть. Попробуйте перенести цифры и точки с прямоугольных проекций (рис. 445, *б*) на соответствующие грани на наглядных изображениях (рис. 445, *а*).



а)

б)

Рис. 445

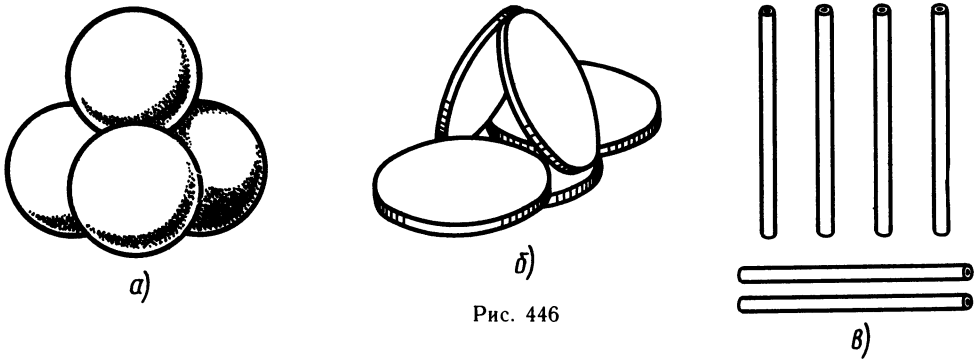


Рис. 446

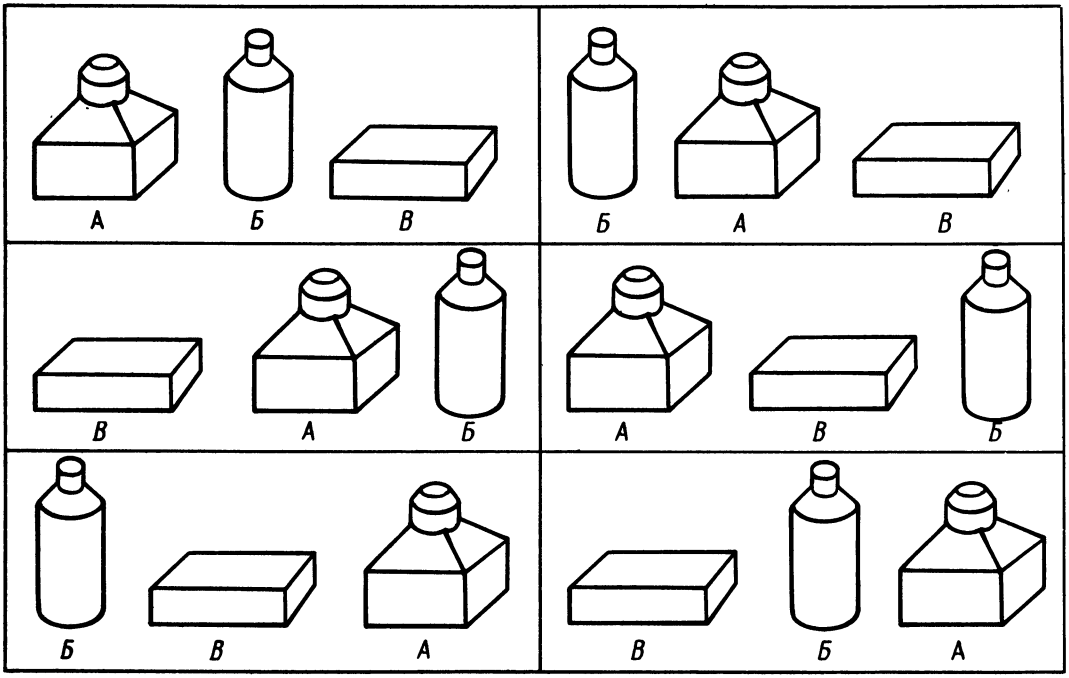


Рис. 447

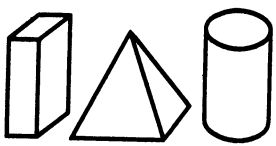
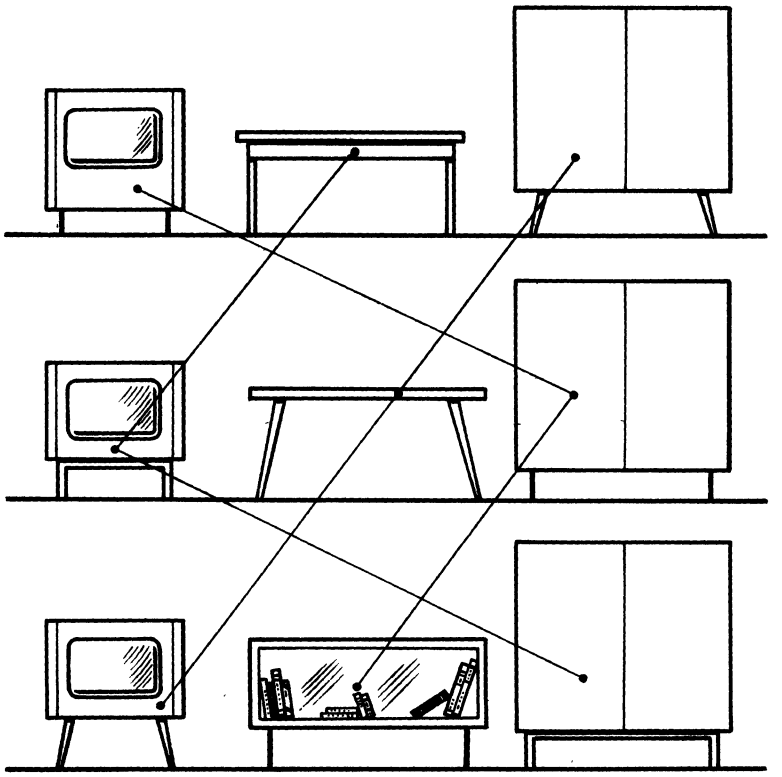


Рис. 448

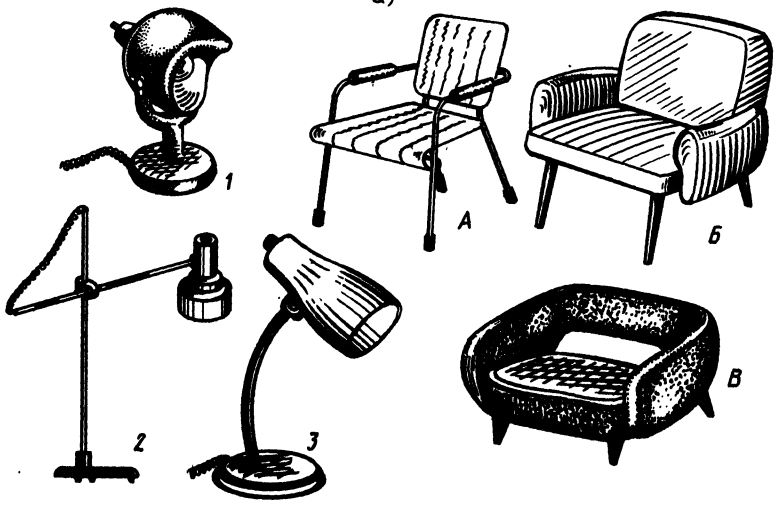
Проследите, чтобы вписаны были все цифры и не оказалось перевернутых цифр. Для некоторых граней уже даны решения.

215. Четыре шара можно расположить так, что каждый из них будет касаться трех других (рис. 446, *а*).

Пять монет можно установить так, что каждая монета будет касаться четырех остальных (рис. 446, *б*).



а)



б)

Рис. 449

Можно ли расположить шесть карандашей таким образом, чтобы каждый из них соприкасался с пятью остальными (рис. 446, *в*)?

216. Три предмета (*А, Б, В*) можно разместить шестью способами, если ставить их один на место другого по образцу рисунка 447.

Покажите на видах сверху варианты перестановок призмы, пирамиды и цилиндра (рис. 448), расположив решение задачи столбиком.

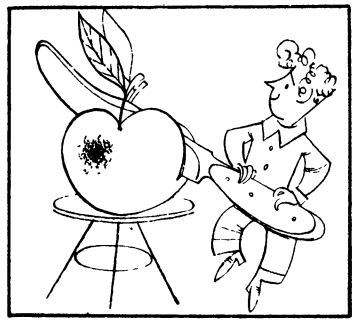
217. Решите задачу 17*.

218. а) Решите задачу 22*, б) Решите задачу 23*.

219. Рассмотрите рисунок 449:

а) Правильно ли по стилю художник расставил мебель и что могут означать линии, нанесенные на рисунке?

б) Какая настольная лампа к какому креслу больше подходит по стилю?



СТАРЫЕ ЗНАКОМЫЕ

При изучении географии и естествознания мы сталкиваемся с рисунками и схемами, выполненными с применением разрезов. Вот разрез части земной поверхности, показывающей образование источника воды (рис. 450). Мы видим здесь слои почвы, песка, воды и глины. Для большей ясности каждый слой имеет свое условное обозначение.

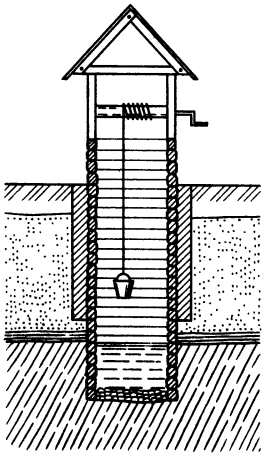


Рис. 450

На рисунке 451 благодаря разрезам выясняется внутреннее строение уха и плода гороха. Для показа поперечной формы тела рыб на рисунке 452 применены сечения. Подобных примеров можно привести немало.

А как с разрезами обстоит дело в черчении?

Если предмет имеет внутреннюю поверхность с различными отверстиями, выемками, углублениями и т. п., то для показа этого внутреннего контура можно воспользоваться штриховыми линиями.

Однако без крайней надобности штриховыми линиями пользоваться не следует: чертеж делается запутанным и неразборчивым. При большом количестве штри-

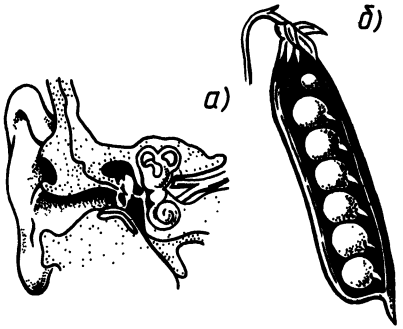


Рис. 451

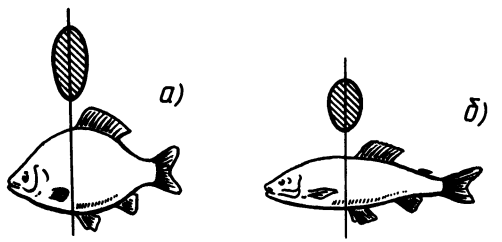


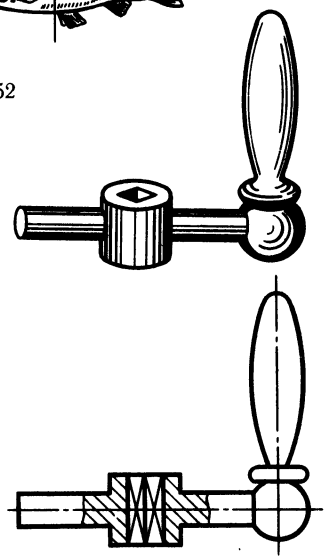
Рис. 452

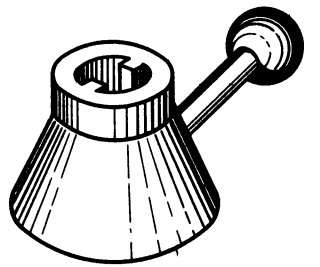
ховых линий лучше показать деталь разрезанной. Смысл разреза заключается в том, что изображаемый предмет рассекается воображаемой секущей плоскостью (рис. 453, *а*). При этом часть предмета, расположенная перед секущей плоскостью, предполагается отброшенной (рис. 453, *б*), оставшуюся часть предмета изображают обычным способом проекций.

Если мы изобразим только то, что расположено в секущей плоскости, то полученное изображение будет называться сечением (рис. 453, *в*). Если же вычерчивается то, что видно в секущей плоскости, и все то, что расположено за ней, то изображение будет называться разрезом (рис. 453, *г*).

Очень важно научиться правильно применять эти два вида изображения: сечениями, как правило, выявляют поперечную форму или мелкую подробность детали, разрезом же — ее внутреннее строение.

Не следует разрезать вдоль такие детали, устройство которых общеизвестно: сплошные валы, болты, спицы, тонкие стенки, шарики. Их следует изображать на чертеже неразрезанными (рис. 454).





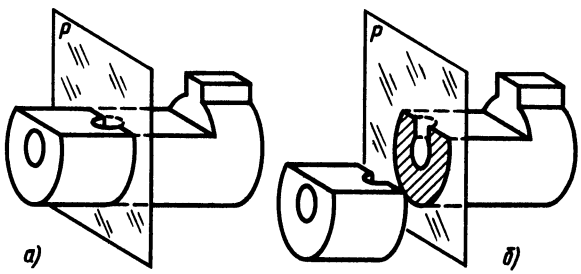
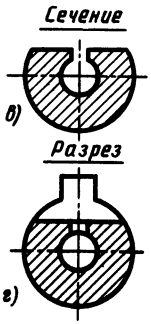


Рис. 453



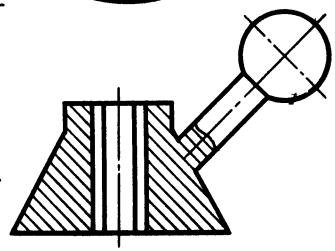


Рис. 454

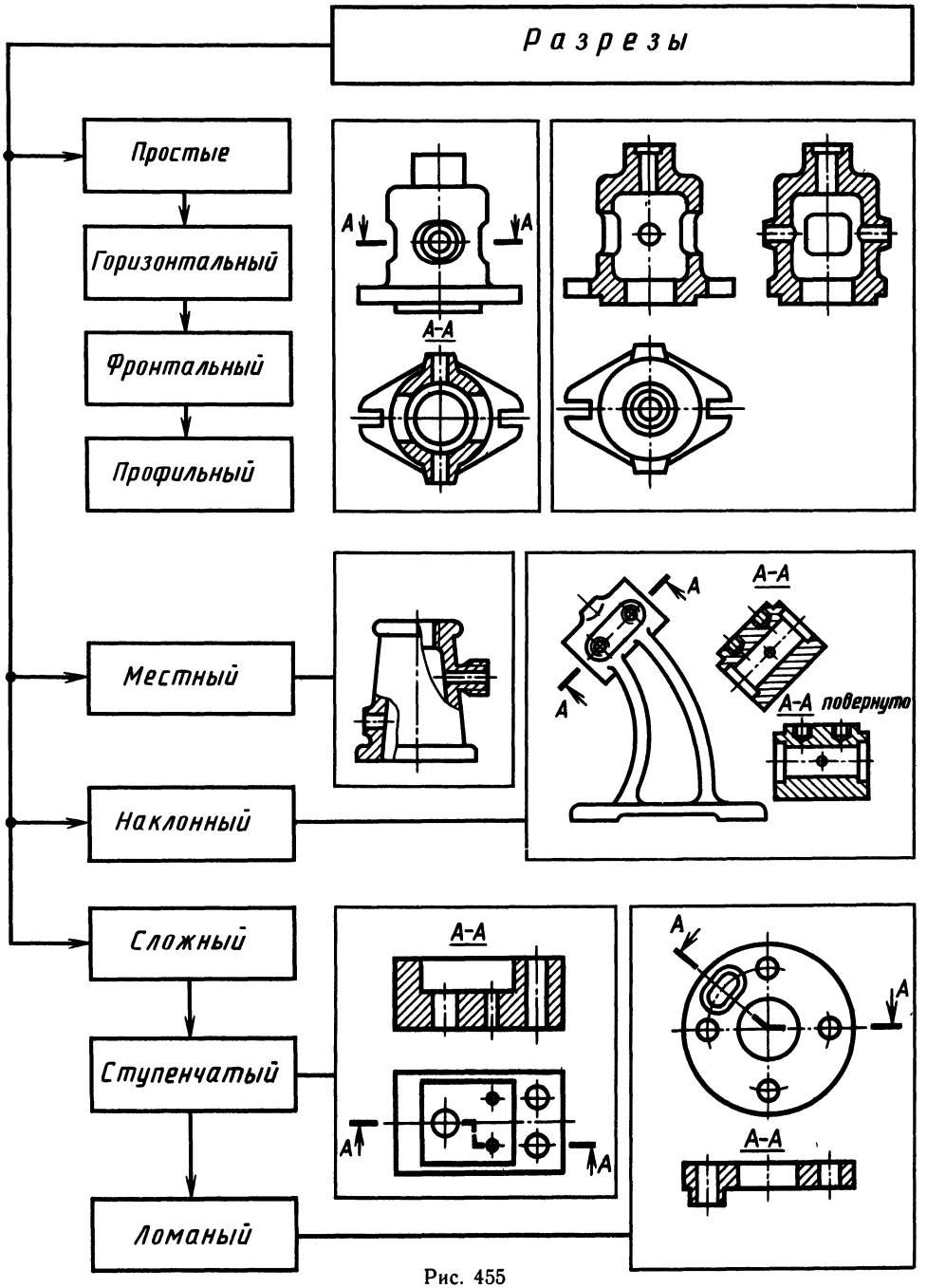

Разрезы
Простые
Горизонтальный
Фронтальный
Профильный
Местный
Наклонный
Сложный
Ступенчатый
Ломаный
А
А-А
А-А повернуто

Рис. 455

И еще совет: как будет выглядеть сечение, во многих случаях можно предусмотреть заранее, если твердо помнить следующее:

У цилиндра могут быть три различные фигуры сечения: окружность, если секущая плоскость перпендикулярна его оси; эллипс — при наклонном положении той же плоскости и прямоугольник — при продольном сечении цилиндра.

Шар пересекается любой плоскостью всегда по окружности.

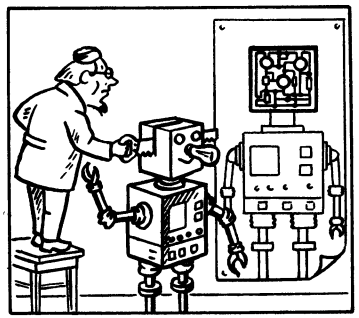
Более разнообразны сечения конуса: треугольник, окружность, эллипс, парабола, гипербола (см. задачу 120).

Если данное тело ограничено плоскостями, то фигура, получающаяся в сечении, будет ломаной линией (многоугольник).

Фигура сечения, известная наперед, дает возможность избегать кропотливого и всегда неточного построения ее по точкам. Набор точек, воспринятый неосмысленно, может и не дать правильного решения.

Другими словами, формы сечений и разрезов тел надо уметь «предсказывать» до их построения, а потом уже, если это требуется, изображать.

Понять идею разрезов и сечений несложно. Большие трудности возникают в их правильном использовании и назначении. Таблица на рисунке 455 помогает уяснению различных разрезов. Рассмотрите ее внимательно.



СЕЧЕНИЕ БЕЗ ОТСЕЧЕНИЯ

Для различного рода исследований предмета распространен способ сечения тел несколькими отстоящими одна от другой плоскостями. На рисунке 456, *а* поверхности конуса и цилиндра рассечены вспомогательными плоскостями *I*, *II*, *III*, *IV*, *V*, параллельными плоскости *H*. На поверхности конуса получается ряд концентрических окружностей. Они обозначены на горизонтальной проекции теми же номерами *1, 2, 3, 4, 5*, что и плоскости. На

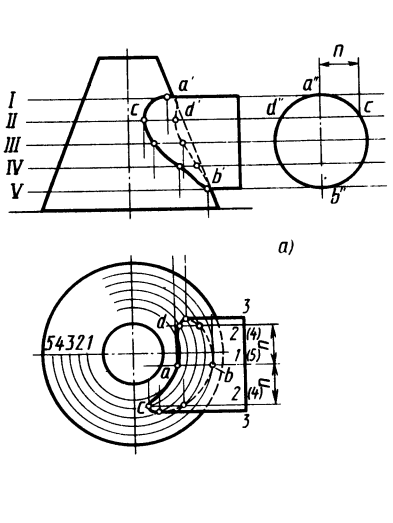
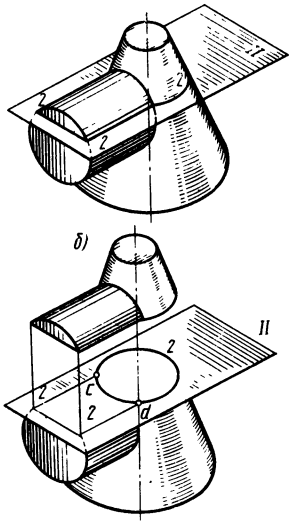


Рис. 456



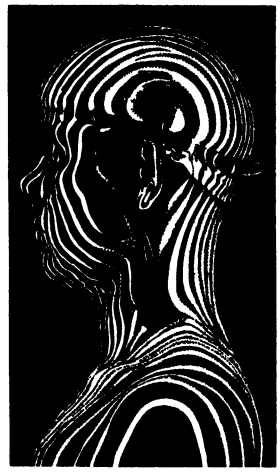


Рис. 457

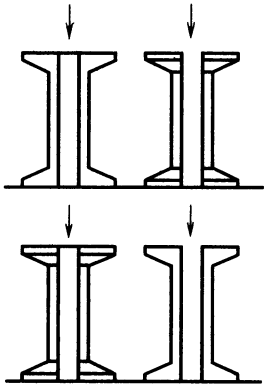


Рис. 458

проекциях цилиндра получается ряд образующих. В пересечении концентрических окружностей и образующих находят горизонтальные проекции искомых точек, а по ним затем их фронтальные проекции.

На рисунке 456, *б* наглядно показано, как найдены точки *с* и *д* линий пересечения (точки *а* и *в* находятся легко).

Методом сечений пользуются для выявления «рельефа» головы, шеи и части торса человека (рис. 457) в антропологии, конструировании различных масок и шлемов.

Решите ряд задач.

●

220. На рисунке 458 дано изображение четырех катушек для ниток. Скажите, какие изображения увидим мы при взгляде на них по направлению стрелок.

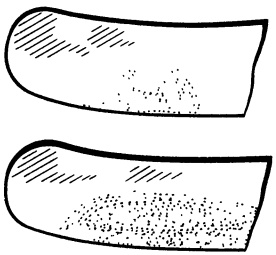


Рис. 459

221. Одним ножом надрезали яблоко, другим — огурец (рис. 459). Скажите, каким ножом что резали.

222. Устройство изображенных на рисунке 460 предметов хорошо вам знакомо. Выполните сечение этих предметов по намеченным секущим плоскостям.

223. То же, что и в задаче 222, но применительно к техническим предметам (рис. 461).

224. Укажите, какое из этих изображений является сечением, а какое — разрезом (рис. 462).

225. На рисунке 463 дано восемь одинаковых проекций элементов здания. Однако посмотрите на тени —

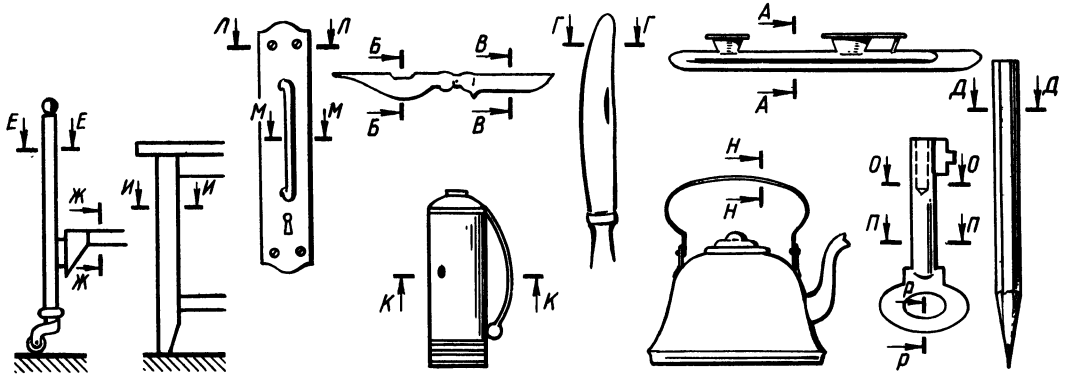


Рис. 460

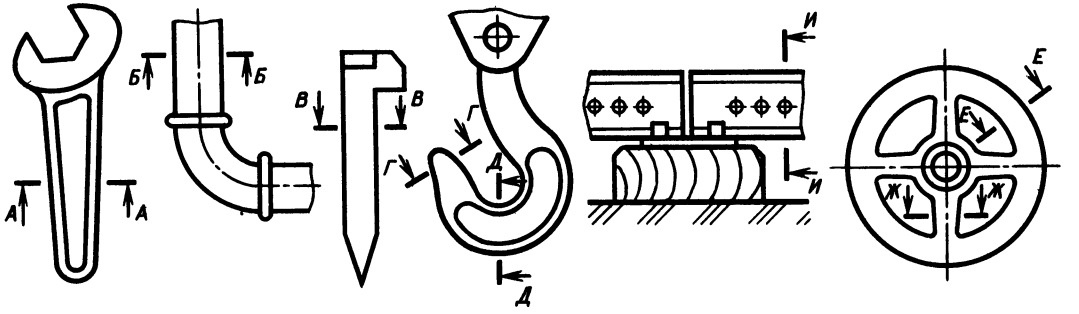


Рис. 461

они разные. Постройте поперечное сечение для каждого из этих элементов.

226. Как изменится разрез данной детали, если в местах, указанных в проекциях, тремя сверлами просверлить сквозные отверстия (рис. 464)?

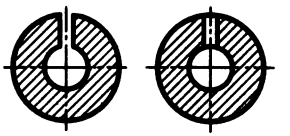


Рис. 462

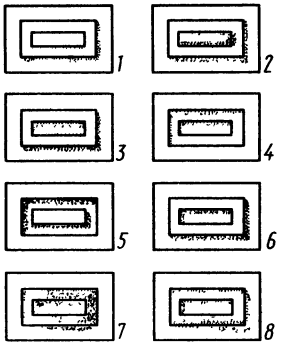


Рис. 463

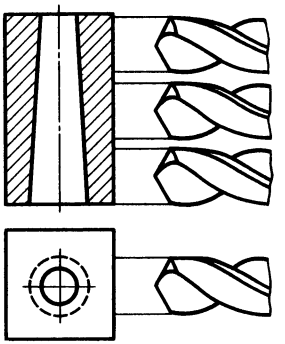


Рис. 464

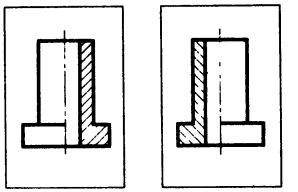


Рис. 465

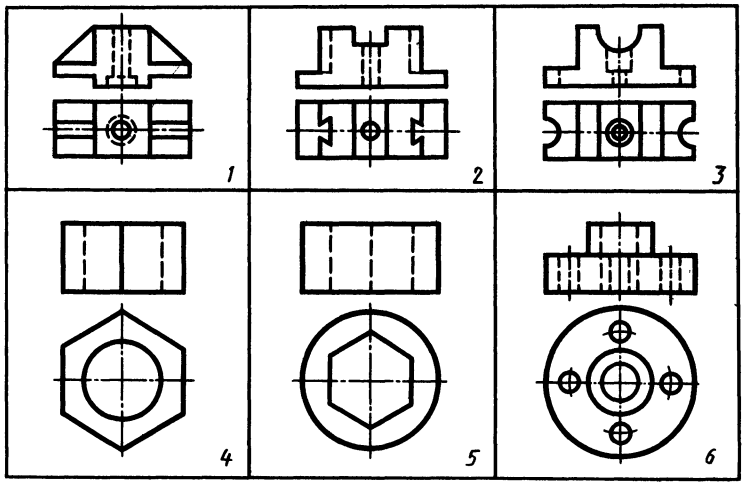


Рис. 466

227. Посмотрите внимательно на рисунок. Какое из этих изображений является действительным и какое его отражением в зеркале (рис. 465)?

228. Выполните необходимые разрезы (рис. 466).

229. Изображена оконная рама и ее сечения (рис. 467). Узнайте, где какое сечение. Обозначьте их на проекции буквами.

230. Сечения каких предметов изображены на рисунке 468?

231. Для того чтобы показать, из какого материала сделан тот или иной элемент здания и сооружения, на чертежах обычно не пишут название материала, а применяют условные изображения, которые наносятся на разрезы соответствующих элементов.

Знаете ли вы эти условные изображения (рис. 469)? Попробуйте прочитать такой рассказ:

«Мы подошли к зданию Дворца пионеров, который построен из таких строительных материалов, как *1, 2, 3, 4*. Совсем недавно строители снимали здесь *5*, возили для фундамента *6*, теперь убирают мусор, неиспользованный материал *7, 8, 9*. На площадке перед дворцом — фонтан, уже наполненный *10*. Скоро открытие дворца».

232. Решите задачу 26*.

233. Решите задачу 27*.

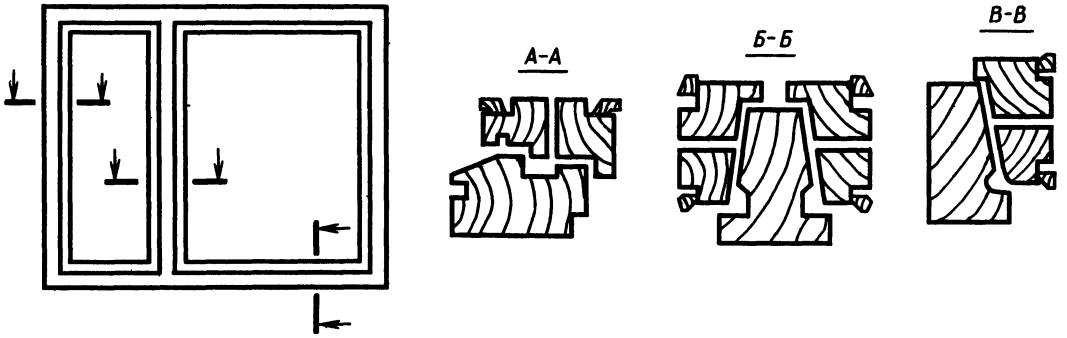


Рис. 467

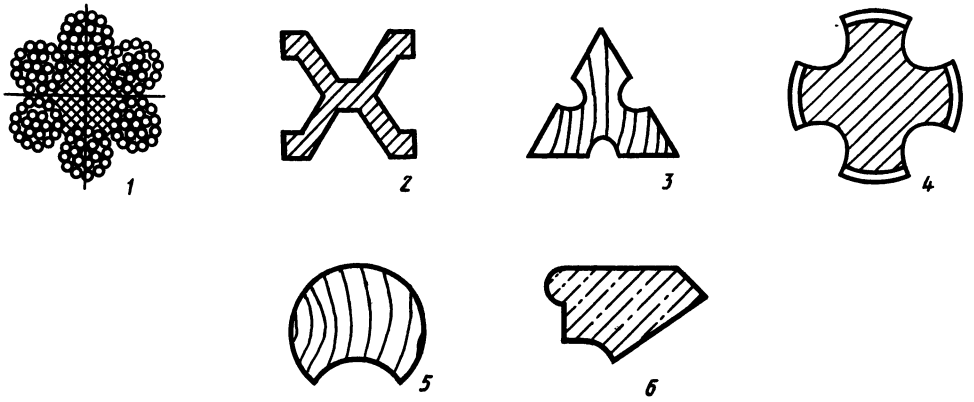


Рис. 468

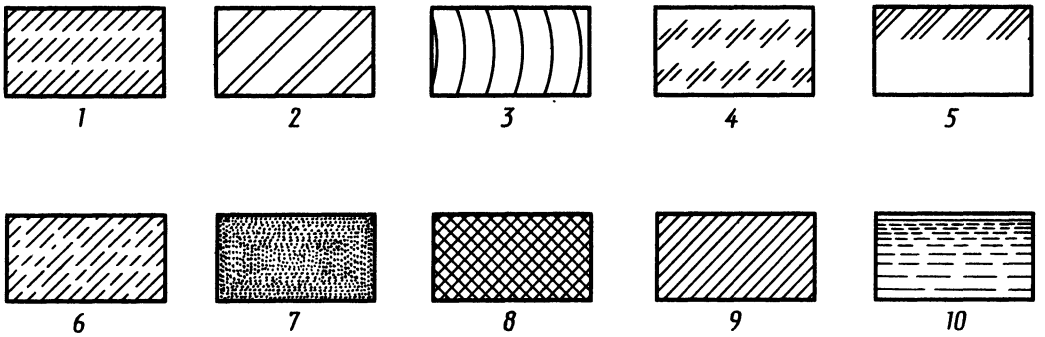


Рис. 469

ВИНТОВЫЕ ЛИНИИ И РЕЗЬБА

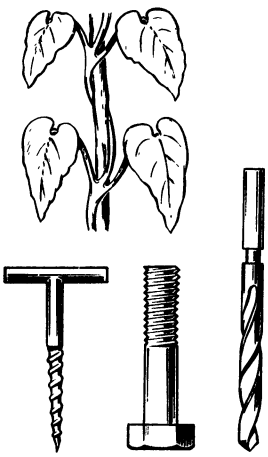


Рис. 470

Стебель вьющегося растения, обыкновенный бурав, болт, сверло — все это примеры предметов, имеющих винтовые линии (рис. 470).

Если вырезать из бумаги прямоугольный треугольник ABC (рис. 471) и обернуть его вокруг цилиндра так, чтобы его катет AB, равный развернутой окружности цилиндра, уложился на ней, то гипотенуза AC образует винтовую линию — один ее виток. Винты характеризуются шагом S и углом подъема винтовой линии. Шаг S — это расстояние между двумя соседними витками той же нитки; его образует вертикальный катет BC данного треугольника. Угол α зависит от шага и диаметра d окружности: чем больше шаг, тем больше угол, а чем больше диаметр окружности, тем угол меньше.

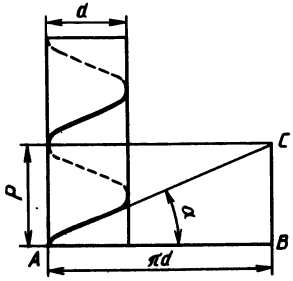


Рис. 471

Получить представление о цилиндрической винтовой линии можно также, проделав следующий опыт. Закрепим цилиндр в патроне токарного станка и придадим ему вращение. Подведем кончик резца к вращающемуся цилиндру — кончик опишет на поверхности цилиндра окружность (рис. 472, *а*).

Теперь выключим станок и станем перемещать резец вдоль неподвижного цилиндра. Кончик резца прочертит на поверхности цилиндра одну из его образующих (рис. 472, *б*).

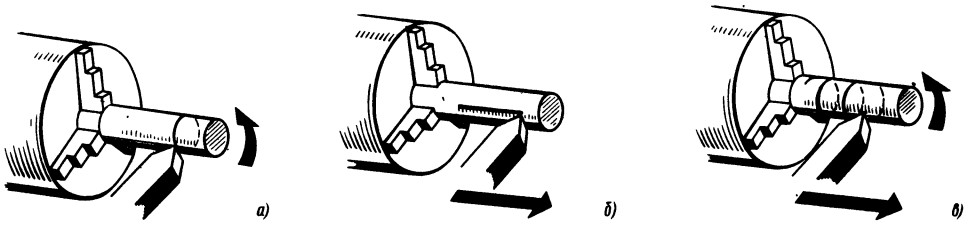


Рис. 472

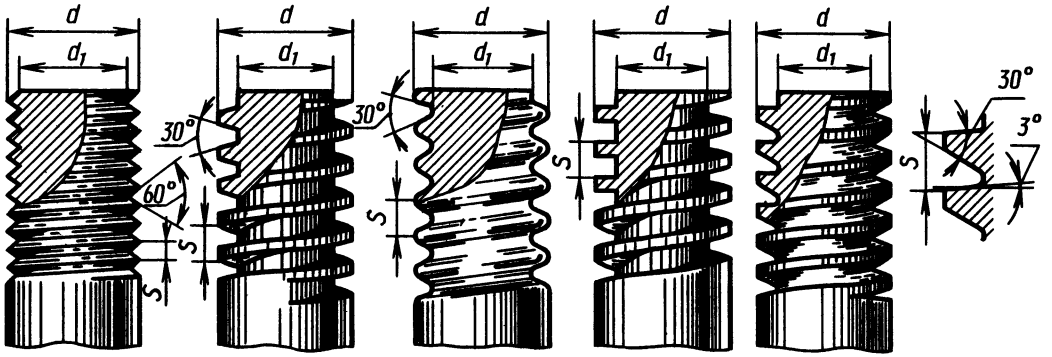


Рис. 473

Наконец, поступим так: придадим одновременно вращательное движение цилиндру и поступательное (вдоль оси цилиндра) движение резцу. В результате этих двух одновременных движений конец резца опишет на поверхности цилиндра винтовую линию (рис. 472, *в*).

Попробуем теперь вдоль винтовой линии пройтись резцом еще раз, несколько углубившись в тело цилиндра. Мы получим винтовую нарезку, называемую **резьбой**.

Резьбы бывают с треугольным, прямоугольным, трапециевидным и круглым профилем (рис. 473). У каждой из этих резьб надо уметь различать:

d — наружный диаметр, равный диаметру цилиндра, на котором нарезана резьба;

d_1 — внутренний диаметр, соответствующий диаметру, измеренному между впадинами нарезки;

S — шаг резьбы, размер, соответствующий высоте одного оборота винтовой линии;

L — длину резьбы, которая складывается из длины резьбы с полным профилем (l) и сбега резьбы (l_1) — участка неполноценного профиля, получаемого при выходе из металла резьбонарезающего инструмента (рис. 474, *а*).

Треугольная резьба с углом профиля 60° при наружном диаметре в миллиметрах называется метрической резьбой, а с углом профиля 55° при наружном диаметре в дюймах — трубной (нарезается на трубах и скрепляющих их муфтах).

Метрическая резьба делится в свою очередь на метрическую резьбу с крупным шагом и метрическую резьбу с мелкими шагами. Посмотрите на рисунок 474, *б* и вы сразу увидите преимущество в данном случае мелкой резьбы перед крупной.

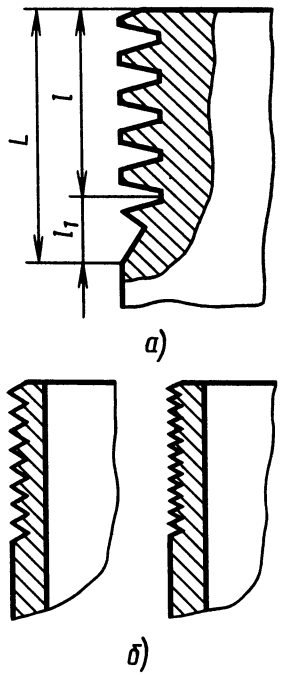


Рис. 474

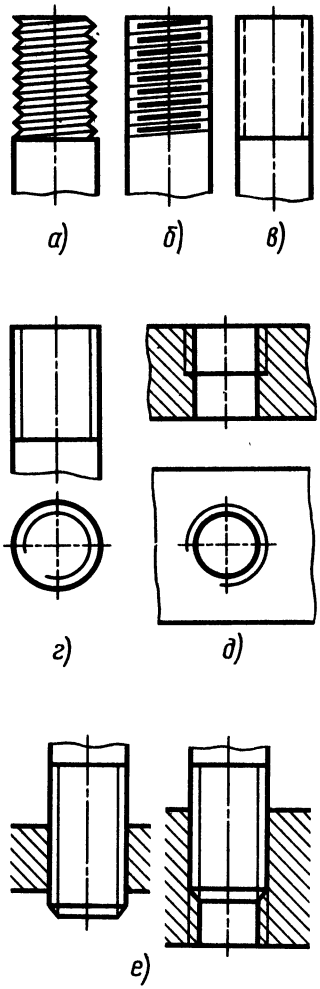


Рис. 475

Все резьбы, которые мы назвали вам, за исключением резьбы прямоугольной, стандартизованы. Стандартами установлены диаметры, для которых может выполняться та или иная резьба, а также шаг для каждого диаметра. Это обстоятельство надо всегда иметь в виду и отыскивать (сверять) диаметр и шаг резьбы по соответствующим ГОСТ.

Вначале резьбу изображали так, как она выглядит в действительности (рис. 475, *а*). Затем изображение несколько упростили (рис. 475, *б*). Долгое время ее показывали с применением штриховых линий (рис. 475, *в*).

Теперь резьбу изображают так: вместо вершин профиля резьбы проводят сплошную основную линию, вместо впадин — сплошную тонкую (рис. 475, *г*). При изображении резьбы в отверстиях (рис. 475, *д*) вершины профиля будут расположены к оси отверстия ближе, чем впадины; в связи с этим сплошные основные линии также будут ближе к оси, чем сплошные тонкие.

На тех видах, где резьба изображается окружностями, сплошную тонкую линию проводят в виде дуги, приблизительно равной $^3/_4$ окружности, разомкнутой в любом месте (рис. 475, *г, д*).

Для того чтобы узнать, о какой именно резьбе идет речь, к условному изображению резьбы добавляют условное обозначение. Например М20, что означает: основная метрическая резьба, диаметр стержня 20 мм (шаг надо смотреть в ГОСТ на резьбу). Мелкую метрическую резьбу легко узнать по обозначению шага, например М20 $\times$ 1,5, где 1,5— шаг в мм.

Трапециевидная резьба на чертеже обозначается по типу Трап: 22 $\times$ 8, что означает: трапециевидная резьба, диаметр стержня 22 мм, шаг 8 мм.

Вам могут встретиться резьбы, обозначенные дробью со штрихами, например 1 1/4″. Это дюймовая резьба, наружный диаметр которой составляет 1 1/4 дюйма (один дюйм = 25,4 мм). Трубная резьба обозначается тоже в дюймах, но с указанием того, что она трубная. Например, запись Труб 1″, означает, что резьба выполнена на трубе, внутренний диаметр которой равен 1″.

В обозначение резьбы входит класс точности ее изготовления. Например М12—6q М24$\times$2—8Н, труба 2″ кл. А, где 6q, 8Н — поля допусков соответственно наружной и внутренней резьб, кл. А — класс точности для трубных резьб.

Если витки резьбы поднимаются слева вверх направо, то резьба называется п р а в о й, если справа вверх налево, то — л е в о й. Резьбы могут быть одно-, двух-, трех- и более заходными. В технике встречаются резьбы в 64 захода.

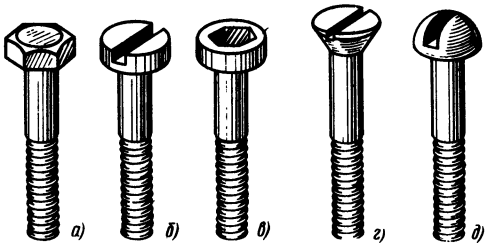


Рис. 476

По назначению резьбы разделяются на крепежные (метрические, трубные, круглые) и резьбы для передачи движения (трапециевидные, упорные, прямоугольные).

Вы, конечно, знаете, что болт, винт, гайка, шуруп имеют резьбы. Но вот перед вами пять винтов, отличающихся только формой головки (рис. 476).

234. Можете ли вы ответить, почему нельзя обойтись головкой одной какой-либо формы? В каких случаях применяется тот или иной винт?

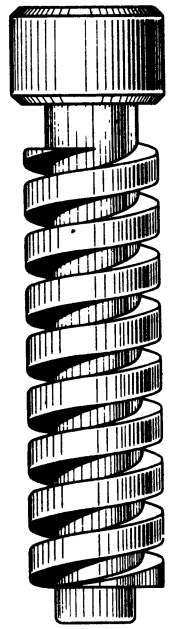


Рис. 477

Подобные вопросы постоянно возникают перед конструкторами, и они отвечают на них без затруднений. Для человека же, незнакомого с конструированием, решение подобных задач требует некоторого напряжения.

Попробуйте решить следующие задачи.

●

235. Вычертите винтовую линию на цилиндре диаметром 60 мм при шаге, равном 40 мм.

236. Попробуйте определить, какой шаг у трапециевидной резьбы, показанной на рисунке 477. Какая она: левая или правая?

237. Как будет выглядеть в прямоугольных проекциях втулка с резьбой, показанная на рисунке 478?

Изобразите ее в двух проекциях.

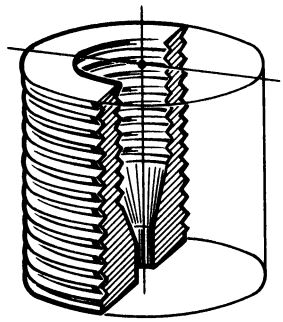


Рис. 478

238. Какое из этих двух изображений является проекцией гайки, какое — болта (рис. 479)?

239. На рисунке изображены две гайки. Укажите, какая из этих гаек шестигранная, а какая квадратная (рис. 480).

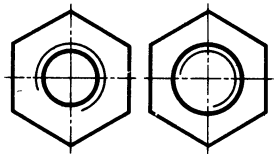


Рис. 479

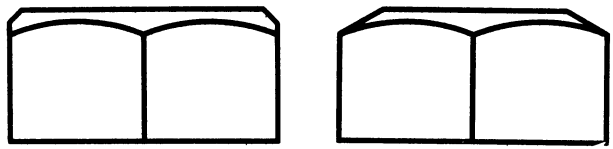


Рис. 480

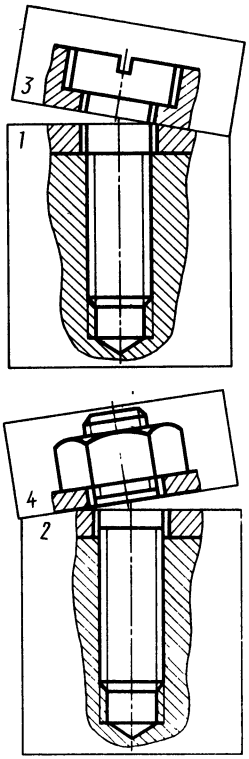


Рис. 481

240. Как вы думаете, правильно ли приставлены к чертежам *1* и *2* отрезанные ранее их части *3* и *4*? Может быть, их следует поменять местами (рис. 481)?

241. Почему в машиностроении применяют болты преимущественно с шестигранной головкой, а в строительном деле — с квадратной головкой (рис. 482)?

242. С помощью резьбовых соединений можно наращивать трубы. Перед вами две трубы, соединенные муфтой (рис. 483). Такую муфту вы можете увидеть на водопроводной или газовой трубе, в том числе и у себя в квартире.

Отличается ли в месте соединения резьба на левой трубе от резьбы на правой трубе? Выполните чертеж такого соединения.

243. Часто для крепления одной детали к другой применяются шпильки (рис. 484).

Одинаковое ли направление имеет резьба на концах шпильки?

244. Для измерения размеров при вычерчивании применяется кронциркуль (рис. 485).

Отличается ли резьба на правой половине винта измерителя от резьбы на его левой половине?

245. На рисунке 486 изображено изделие. Как оно называется и где вы его видели?

Ниже, на том же рисунке, помещены пять деталей с левой и правой резьбой.

Сколько таких изделий можно укомплектовать этими деталями?

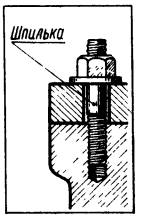


Рис. 484

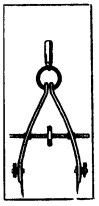


Рис. 485

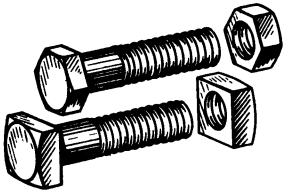


Рис. 482

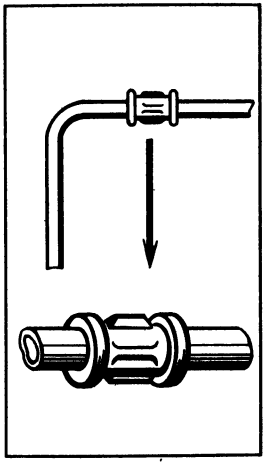


Рис. 483

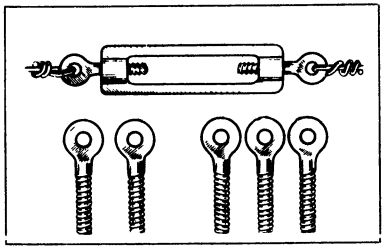
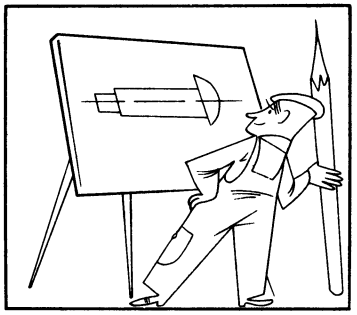


Рис. 486



РИСУЕШЬ ГЛАЗ — СМОТРИ НА УХО

К эскизам относят чертежи, предназначенные для разового использования в производстве.

Работа по составлению эскизов проводится в определенной последовательности.

1. На листе бумаги размечают рамку и место для основной надписи (углового штампа).

2. Затем на глаз, сохраняя пропорции отдельных частей детали, наносят заранее выбранные проекции, разрезы, сечения.

3. Продумывая, какие размеры будут достаточны для изготовления детали, наносят выносные и размерные линии.

4. После этого переходят к обмеру детали. Полученные размеры пишут над проведенными ранее размерными линиями.

5. Эскиз тщательно обводят основными линиями, наносят штриховку, заполняют штамп, ставят свою подпись.

Казалось бы, что сложного: изображай то, что видишь, и все. Но удачные эскизы получаются далеко не сразу.

Более подробные разъяснения по составлению эскизов можно найти в любом учебнике по черчению. Мы же сошлемся на ряд высказываний и советов, заимствованных нами у замечательного художника-педагога Чистякова.

Каждый художник знает, что «предмет в пространстве не может быть нарисован только с помощью талантливого глаза, он требует проверки, строгой, точной, основанной на самых точных правилах» — это в полной мере относится и к эскизам.

Далее. Нужно «рисовать не изгибы линий, а формы, которые они образуют между собой». «Всякий, кто не видит формы, и линию верно не нарисует».

Возьмем еще высказывание: «Глаз есть такой орган,

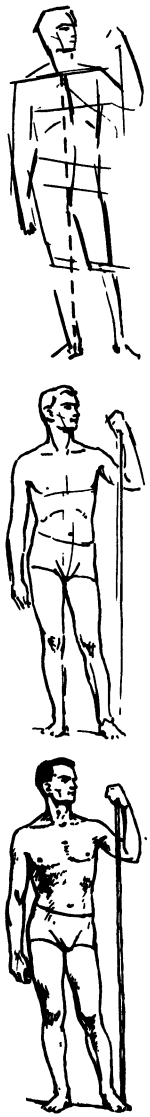


Рис. 487

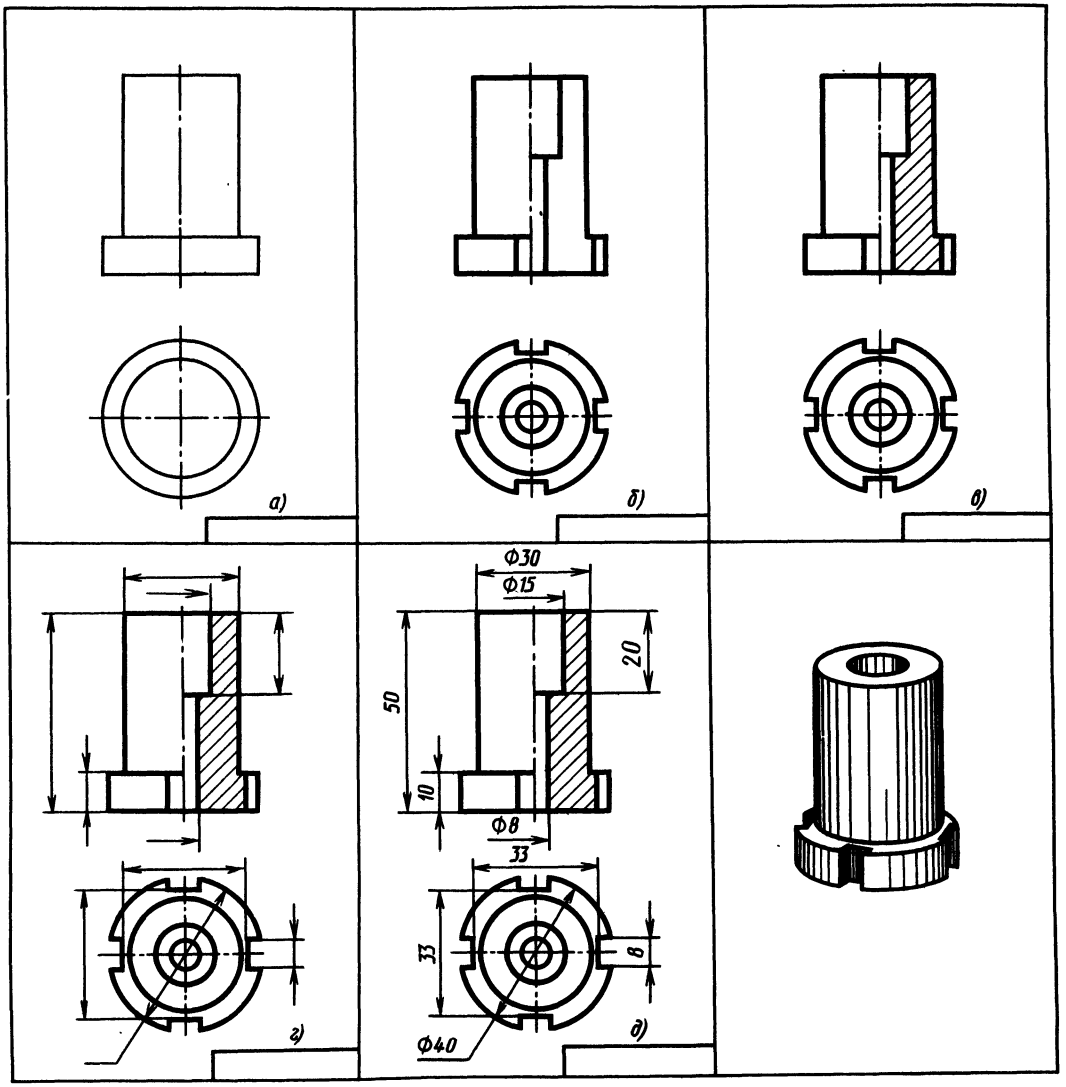


Рис. 488

который точнее циркуля способен определить расстояние, как скоро он воспитан правильно».

Как неправильно было бы фигуру человека начинать рисовать с частностей (рис. 487), точно так же не следует начинать эскиз с мелких выступов, впадин, закруглений и т. п. Отдельные подробности предмета следует наносить в последнюю очередь (рис. 488).

«Когда рисуешь глаз, смотри на ухо». Смысл этого требования заключается в том, чтобы в процессе работы над эскизом не терять общего взгляда на изображаемый предмет, добиваясь правильных соотношений отдельных его элементов.

В отдельных случаях приходится изображать детали с «отступлением» от натуры. Неодинаковая толщина стенок, незначительный перекос отверстий, различного рода наплывы, вмятины, забоины и другие ненормальности получились в результате изготовления или работы детали и не предусматривались конструктором. Эти дефекты надо замечать и не вводить в чертеж.

Решите несколько задач.

●

246. а) На рисунке 489 представлены фигуры (1...20) для рисования от руки. Выполните их в указанной последовательности, увеличив каждое изображение в 2...3 раза. Упражняйтесь до тех пор, пока рука не приобретет уверенность и твердость и вы не научитесь легко и правильно проводить линии.

б) Начертите прямой угол и разделите его на глаз на 2 и на 3 равные части.

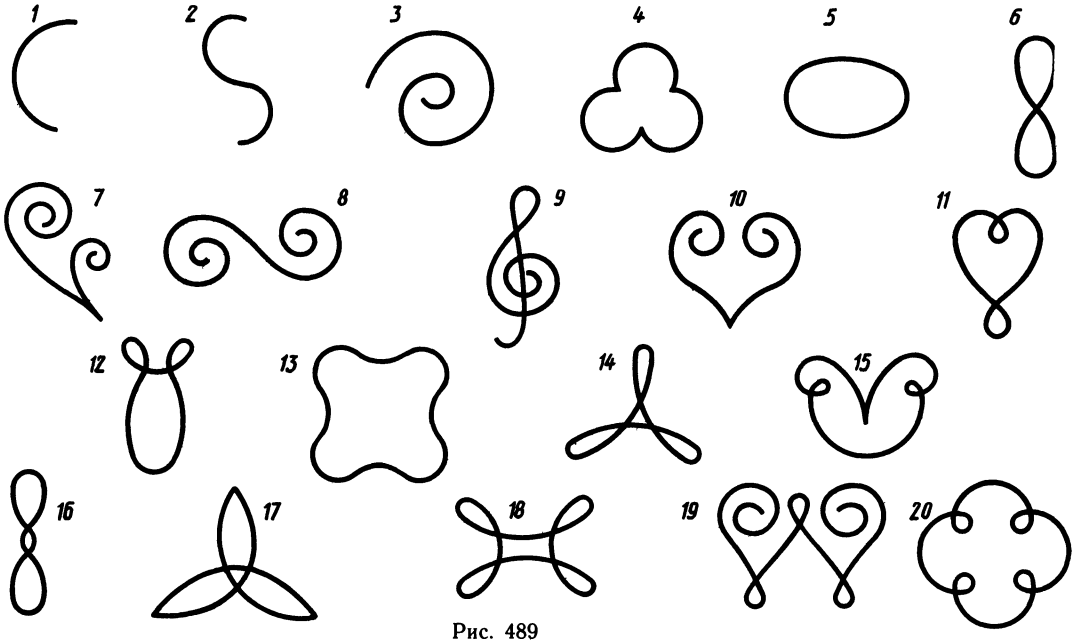


Рис. 489

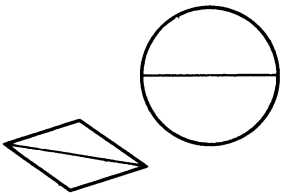


Рис. 490

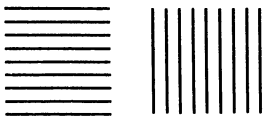


Рис. 491

в) Начертите несколько окружностей разного диаметра и разделите их на глаз на 2, 4 и потом на 3 равные части.

г) Равна ли диагональ ромба диаметру круга (рис. 490)?

д) Равны ли между собой эти две заштрихованные площади (рис. 491)?

е) Среди представленных фигур найдите одинаковые (рис. 492).

ж) Какими пятью поверхностями ограничена заклепка и какими восьмью поверхностями — электролампочка (рис. 493)?

247. Сколько различных поверхностей ограничивает ручку и сколько — пешку (рис. 494)? Укажите границы поверхностей на криволинейных участках.

248. Объясните, почему на чертежах и эскизах обязательно наносят диаметры окружностей, а не радиусы.

249. Вводить на чертежах повторяющиеся размеры не допускается. Будет ли нарушением этого правила нанесение размеров, показанных на рисунке 495?

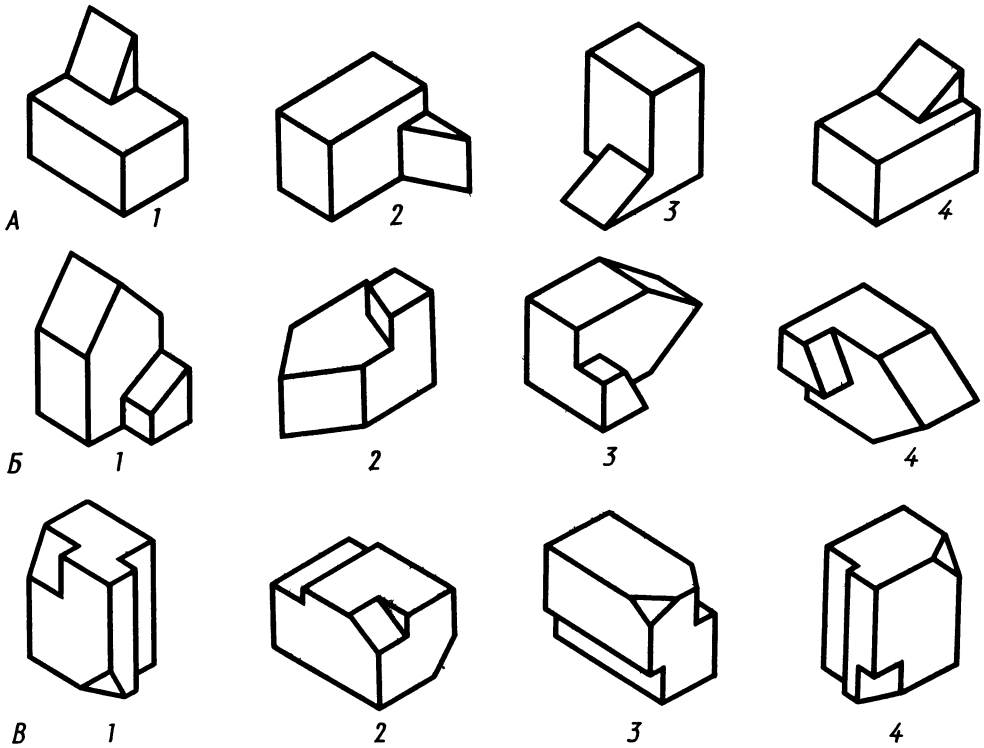


Рис. 492

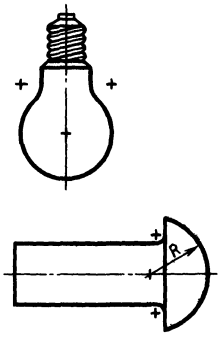


Рис. 493

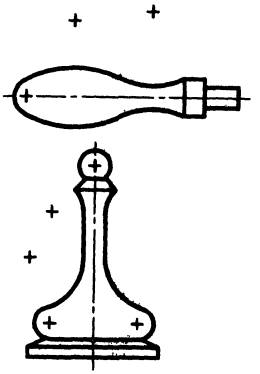


Рис. 494

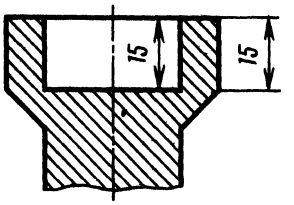
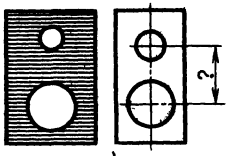


Рис. 495



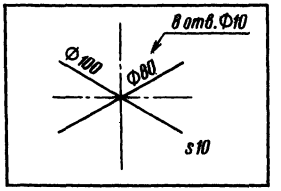


Рис. 497

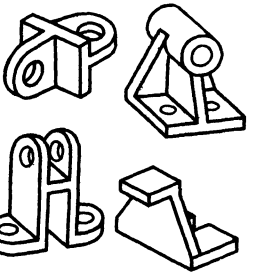


Рис. 499

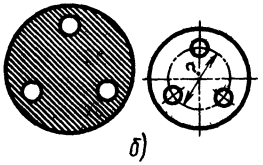


Рис. 496

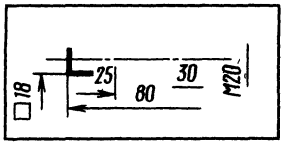


Рис. 498

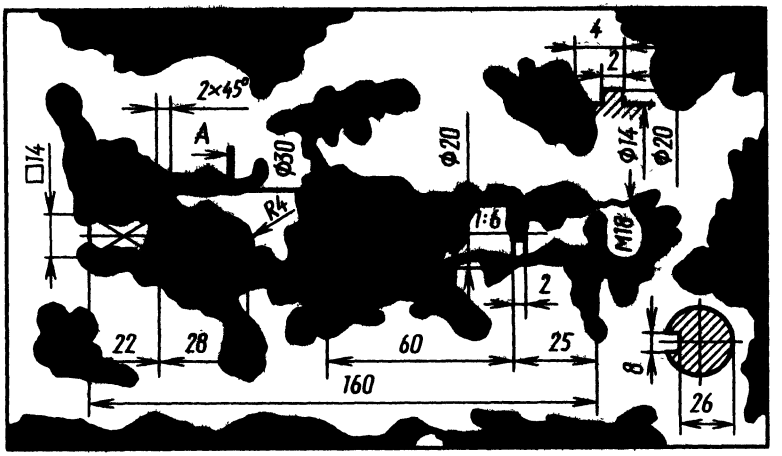


Рис. 500

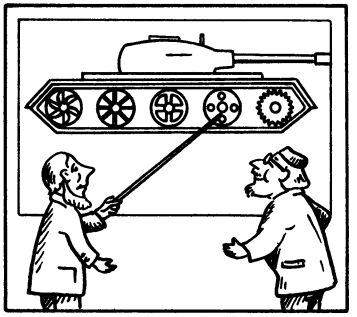
250. Как замерить расстояние между центрами окружностей на рисунке 496, *а* и диаметр центровой окружности на рисунке 496, *б*?

251. По сохранившимся линиям, словам и цифрам восстановите эскизы деталей (рис. 497, 498).

252. Выполните в необходимом числе проекций эскизы деталей, которые показаны в аксонометрии на рисунке 499.

Проставьте нужные размерные линии, не вписывая размерных чисел.

253. Эскиз случайно залили тушью (рис. 500). Не сможете ли вы по оставшимся линиям, цифрам и знакам восстановить его?



СЕМЕЙСТВО КОЛЕСА

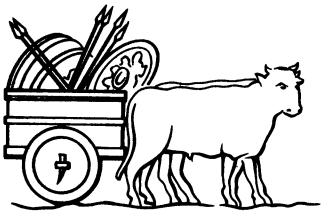


Рис. 501

В различные эпохи колесо служило образцом вращательных устройств, неуклонного движения вперед («колесо истории»), символом машинной техники. Символическое колесо всегда неопределенной конструкции. В реальном колесе можно выделить три части: центральную — ступицу, наружную — обод и среднюю — диск или спицы.

Долгое время колесо изготавливали заодно с осью, как показано на изображении древнеегипетской военной повозки (рис. 501). Насаженное на ось наглухо, оно проще в изготовлении и прочнее. Таким мы видим колесо сегодня на тепловозах, электровозах и железнодорожных вагонах. Колесо, используемое для передвижения, может вращаться в результате движения транспортного средства или, напротив, транспортное средство приходит в движение под действием вращения колеса, что надо всегда различать.

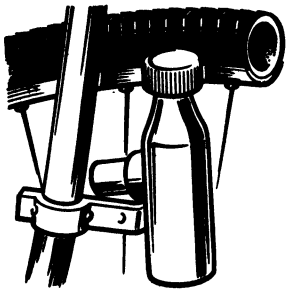


Рис. 502

Колесо служит не только для передвижения, а и для изменения числа оборотов осей (часто набором зубчатых колес, например, в часах, ручной дрели, лебедке, станках).

Иногда требуется изменение направления оси вращения с горизонтальной ведущей оси к вертикальной ведомой, с продольной к поперечным полуосям, например в автомобиле.

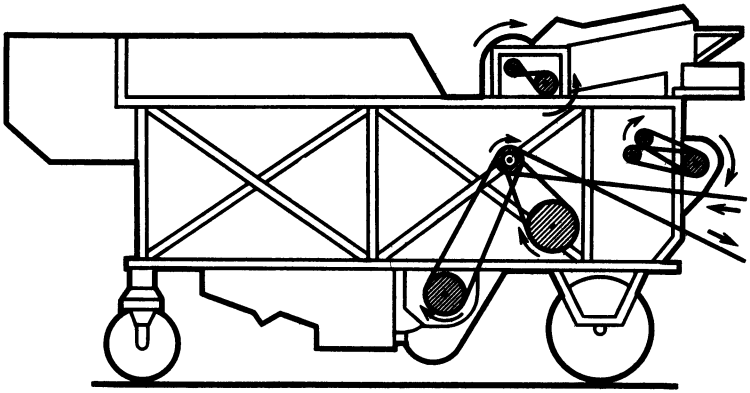


Рис. 503

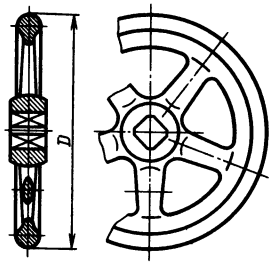


Рис. 504

Очень распространена фрикционная передача (от латинского «фрикцио» — трение). Так сцеплен с ободом велосипедного колеса вал маленькой динамо-машины, питающей фонарь (рис. 502). Соединение двух колес ремнем во многих случаях удобнее непосредственного их соприкосновения, например в молотилках (рис. 503), а соединение цепью намного надежнее ременной передачи. Цепную передачу мы видим в велосипеде, двигателе автомобиля «Жигули».

Приведенные примеры показывают, что правильно объяснить конструкцию колеса — значит: а) понять контакт его по ободу — с дорогой, рельсом, цепью, канатом, ремнем, тросом, таким же колесом; б) уяснить способ крепления ступицы на оси — наглухо, на шпонке, шлицах, лыске и др.; в) определить в самом колесе характер соединения обода со ступицей — диском, спицами (прямыми, по дуге, ребристыми, овальными).

На чертежах колесо показывают обычно в двух проекциях, как показано на рисунке 504. В геометрическом смысле сложность вызывает построение очертания криволинейной спицы, которое и рассмотрим (рис. 505).

Наружную окружность обода делят на равные части соответственно числу спиц. Через точку A проводят радиус AO и из середины его восставляют перпендикуляр BC, который засекают от центра O радиусом $R = 0{,}6\ AO$. В точке пересечения $Д$ получим центр криволинейной оси спицы. Точки A и $Д$ соединяют прямой $AД$ и на ней откладывают от точки $Д$ в обе стороны по $1/4\ B$, где B — ширина спицы у обода, измеряемая по направлению $AД$. Точки E и F будут центрами для радиусов контурных линий спиц. Закругления спиц радиусами r, r_1 и r_2 у обода и ступицы делаются обычным сопряжением.

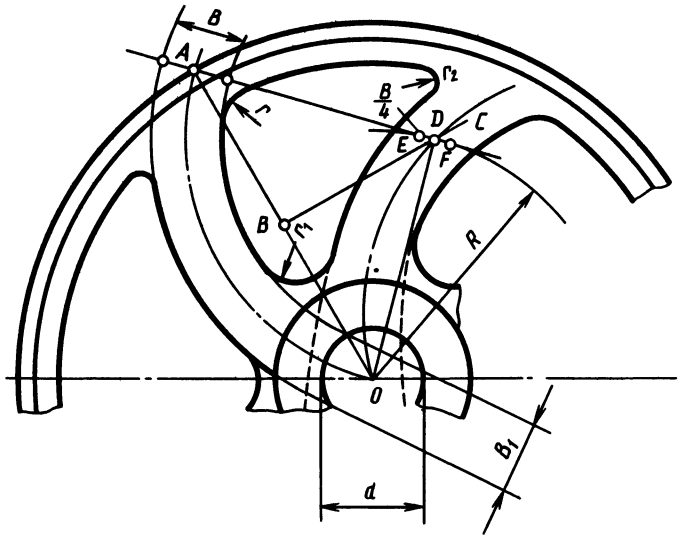


Рис. 505

При диаметре вала d ширина спиц у ступицы принимается $B_1 = 0{,}8d$, ширина спиц у обода $B_2 \sim 2/3d$.

Решите несколько задач.

254. Техник сразу скажет, что изображено на представленных здесь разрезах (рис. 506). Для тех же, кто плохо знаком с техническими конструкциями, разрезы составят загадку. А для вас? Скажите, как называются изображенные здесь «колеса», где они применяются.

Определите, сколько колес вам известно, а сколько — нет. Для облегчения решения задачи на рисунке 507 показаны примеры использования представленных колес: *А* — клиноременная передача (в ней вы узнаете колесо 21, см. рис. 506); *Б* — грузоподъемный крюк (его блок — колесо *3*); *В* — фрикционная передача (колесо *17*); *Г* — звездочка цепной передачи (колесо *13*) и др.

255. Почему соединения ступицы с ободом у колеса железнодорожного вагона (*а*), сельскохозяйственной машины (*б*) и велосипеда (*в*) выполнены различно (рис. 508)?

256. Почему литые колеса (маховики) изготавливают с нечетным числом спиц (рис. 509)? По стандарту для диаметра до 240 мм спиц — три; для диаметра 240...560 мм — пять; для диаметра свыше 560 мм — семь?

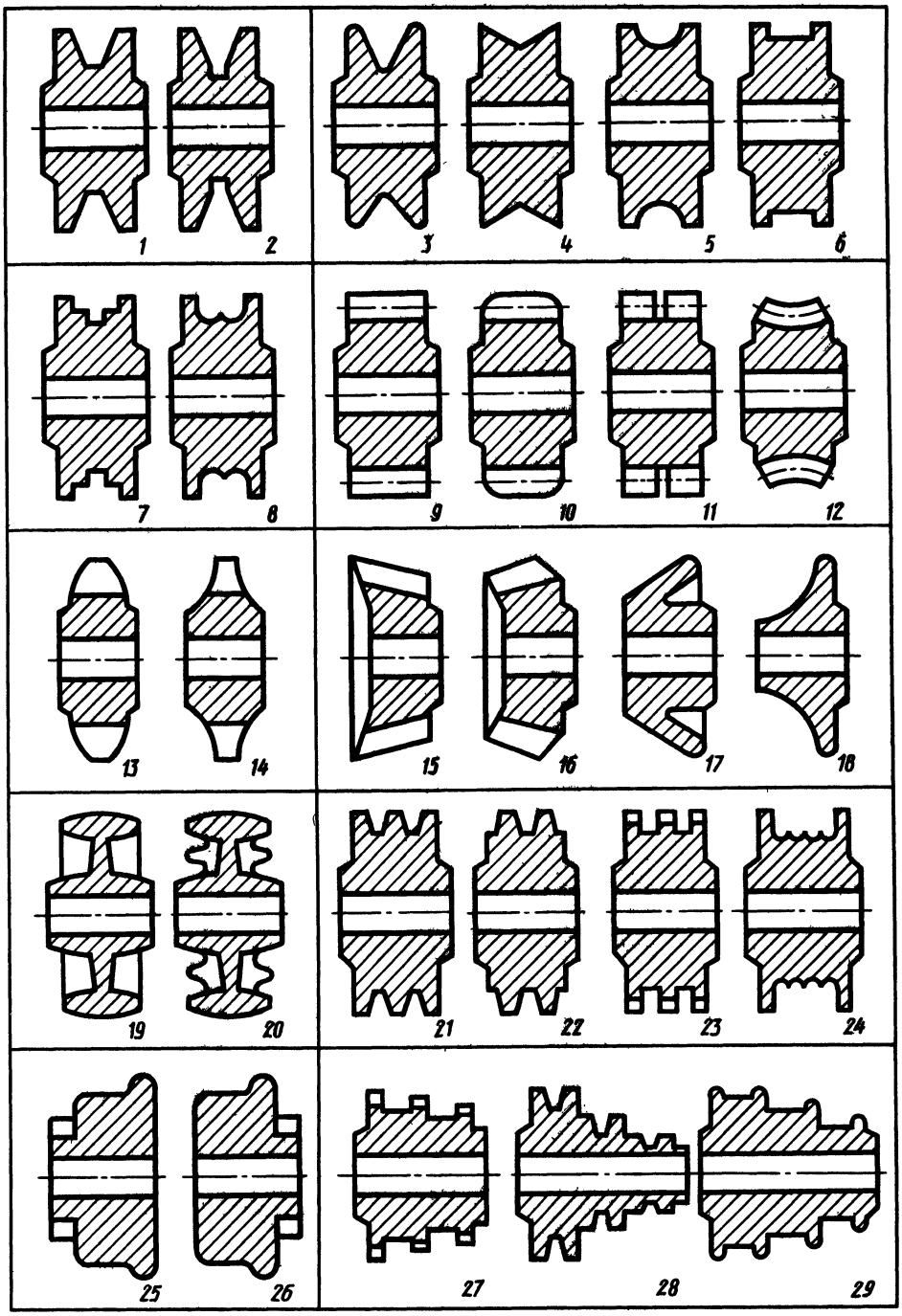


Рис. 506

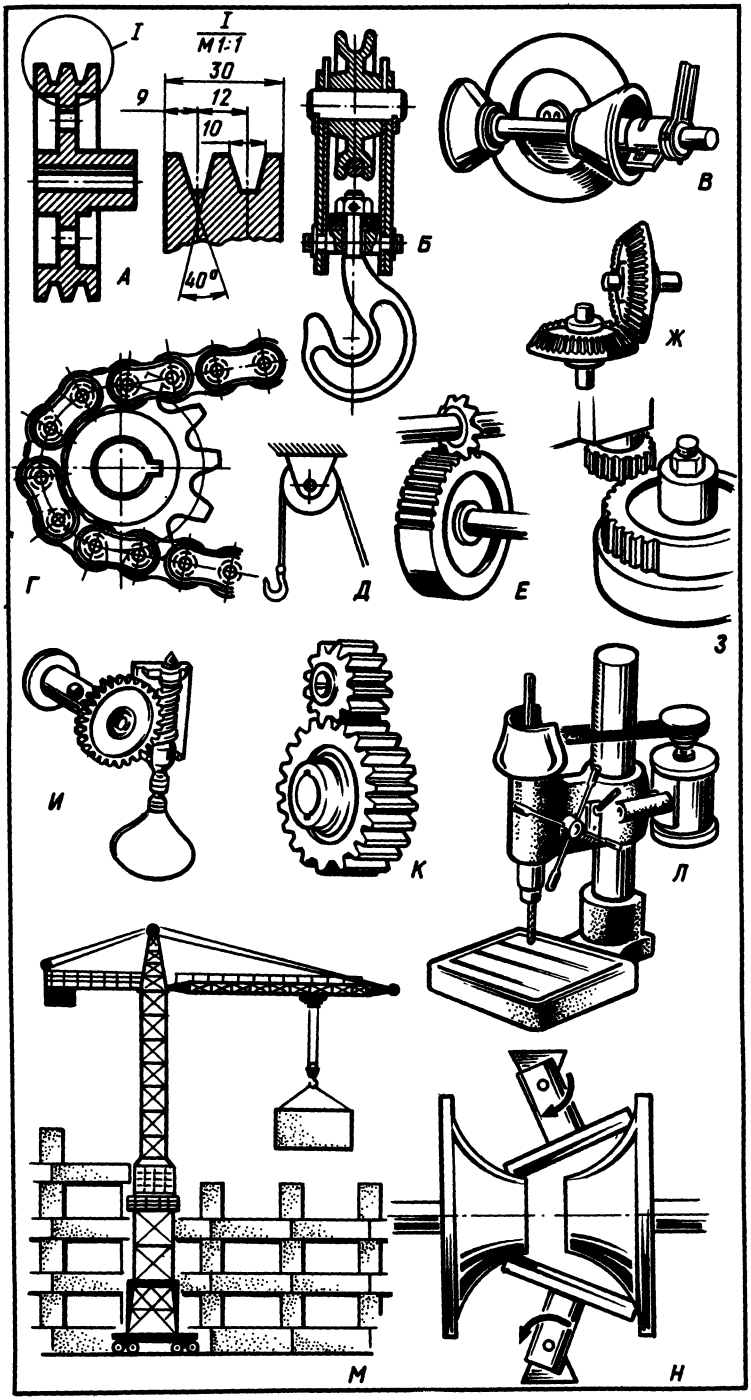


Рис. 507

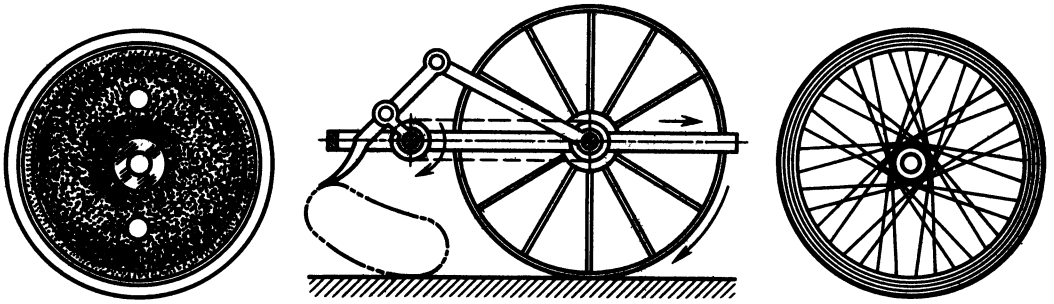


Рис. 508

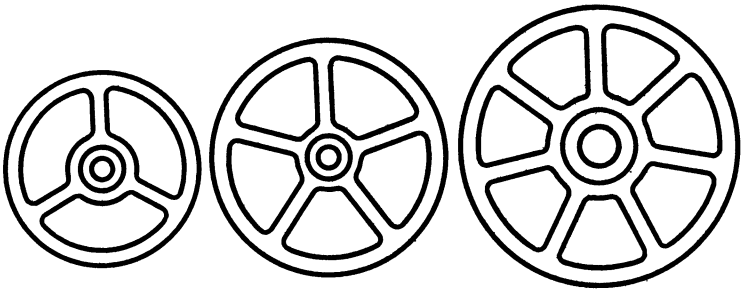


Рис. 509

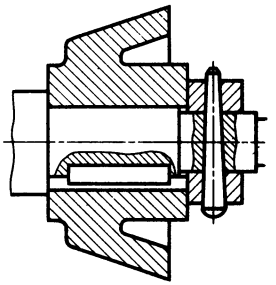


Рис. 510

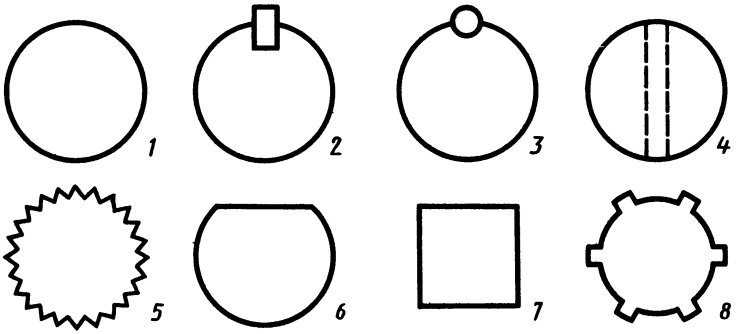


Рис. 511

257. Объясните, как крепится колесо на валу (рис. 510).

258. На рисунке 511 схематично выражена идея крепления колеса на оси (валу). Объясните каждое соединение.

259. На рисунке 512 изображены зубчатые колеса и режущий инструмент. Назовите их и скажите, где они применяются.

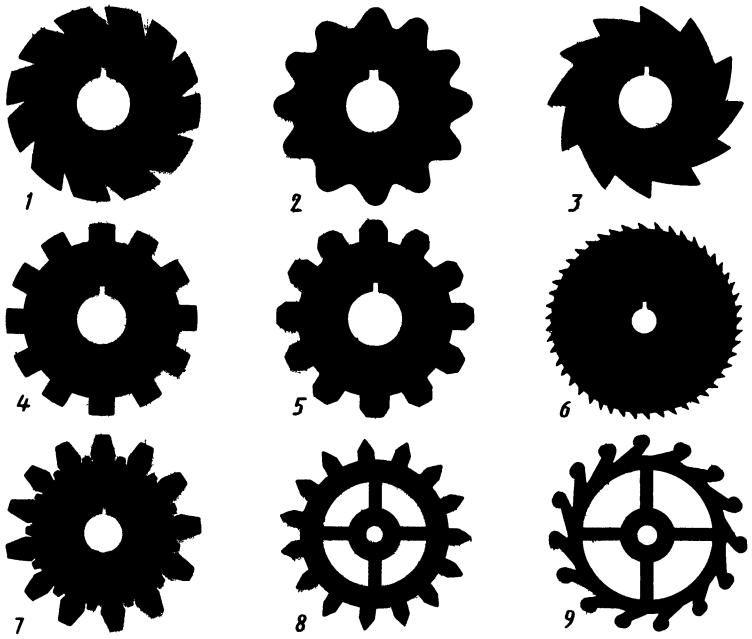
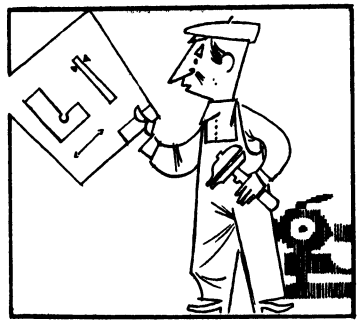


Рис. 512



ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЧЕРТЕЖ

Обрабатывать детали точно по размерам чертежа очень трудно, а зачастую в этом и нет особой необходимости. Поэтому в рабочих производственных чертежах размеры проставляют с допустимыми отклонениями (рис. 513). Размер, устанавливаемый расчетом и конструктивными соображениями, называют номинальным размером или номиналом. Вслед за номинальным размером пишут отклонения: верхнее — со знаком плюс (+), ниже — со знаком минус (—). В целом верхнее и нижнее допускаемые отклонения определяют допуск на изготовление данной детали.

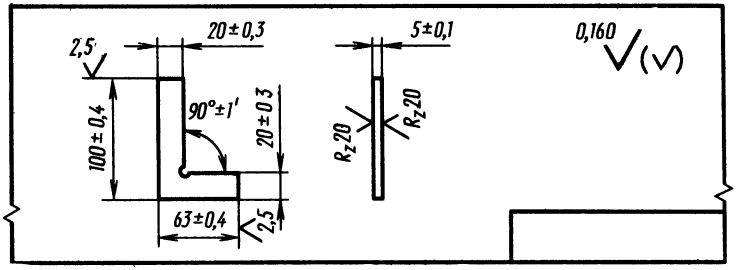


Рис. 513

Так, например, в нашем примере на рисунке 513 поверочный угольник имеет толщину $5 \pm 0{,}1$ мм. Это означает, что при контроле будут приняты все угольники, толщина которых находится в пределах от 4,9 мм до 5,1 мм. Допуск на изготовление толщины данного угольника составляет, следовательно:

$$5{,}1 - 4{,}9 = 0{,}2 \text{ мм}.$$

Приступая к выполнению деталей, рабочий внимательно изучает величины допусков чертежа, так как они говорят о многом: как тщательно должна быть обработана деталь, на каком оборудовании и каким инструментом. Отсюда же определяется квалификация исполнителя.

Возможны следующие случаи обозначения допусков на чертежах:

$$\varnothing\, 40^{-0,5}_{-0,2} \qquad 40^{+0,1}$$

$$40_{-0,1} \qquad 40^{+0,1}_{+0,2}$$

$$40^{+0,1}_{-0,1}, \text{ или } 40 \pm 0{,}1$$

В первом случае фактический размер изображаемой детали может колебаться в пределах от 39,5 до 39,8 мм, во втором — от 39,9 до 40 мм, в третьем — от 39,9 до 40,1 мм, в четвертом — от 40,0 до 40,1 мм, в пятом — от 40,1 до 40,2 мм. Отклонение, равное нулю, на чертеже не указывается.

Рабочий чертеж детали, содержащий изображения, размеры, допуски, шероховатость поверхности, технические указания, показан на рисунке 514 и приведен в качестве образца.

Вместо того чтобы писать отклонения, выраженные десятичными дробями, часто указывают так называемую посадку.

Дело в том, что в одном случае детали соединяются с некоторой свободой (с зазором), например вал, вра-

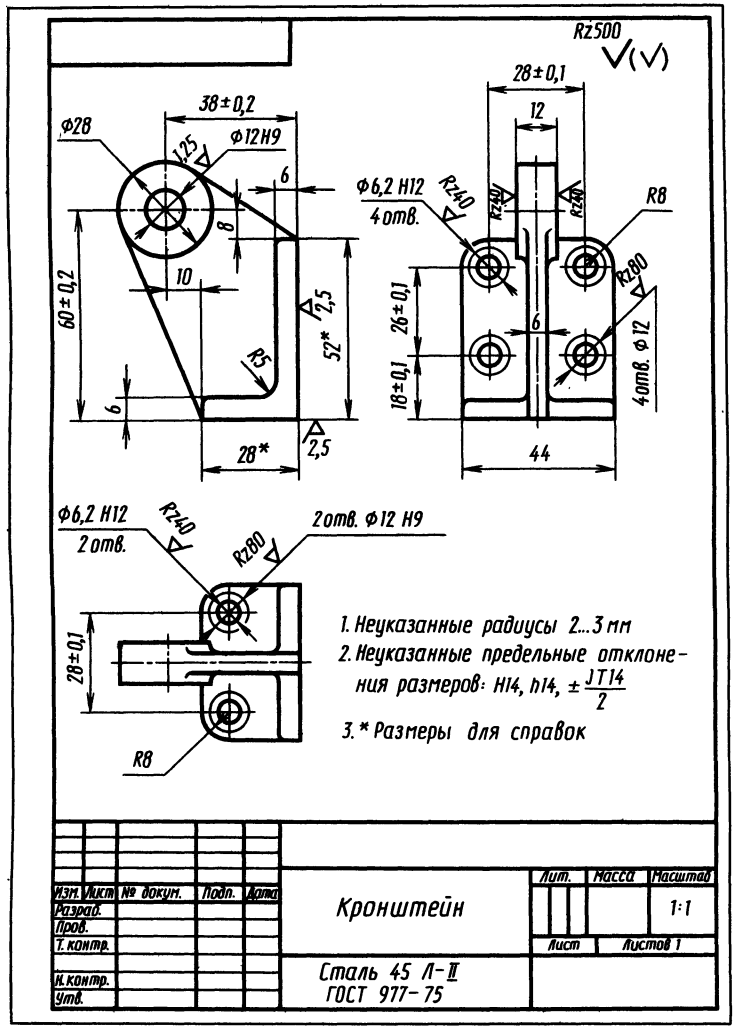


Рис. 514

щающийся во втулке. В другом случае требуется абсолютно неподвижное соединение (с натягом), например колесо насаживается на ось вагона очень туго — с натягом.

Характер соединения называется посадкой. Поскольку степень свободы (зазор) или степень неподвижности (натяг) в различных соединениях требуется различная, то и посадок принято несколько.

Каждая посадка имеет свой допуск. Зазоры и натяги осуществляются или за счет вала, или за счет отверстия.

Поэтому приняты система отверстия и система вала. В системе отверстия вал «подгоняется» под отверстие, а в системе вала, наоборот,— отверстие к валу.

В полное обозначение посадки входит номинальный размер и предельное отклонение, выраженное буквой латинского алфавита: прописной для отверстия и строчной для вала, например: $\varnothing$ 40*H*6 и $\varnothing$ 40*h*7.

Запись на рисунке 514—$\varnothing 12H9$ однозначна с цифровым обозначением $\varnothing 12^{+0,43}$, а запись $\varnothing 6{,}2H12$— с цифровым обозначением $\varnothing\ 6{,}2^{+0,15}$.

Может быть смешанный способ обозначения $\varnothing$ 12*H*9 (+0,43) и $\varnothing$ 6,2*H*12 (+0,15).

Для обеспечения хорошей работы механизма недостаточно, однако, выдержать заданные размеры, необходимо еще получить и заданную чертежом шероховатость поверхности детали. Требования к шероховатости поверхности устанавливаются путем указания числового значения одного из параметров шероховатости: R_a, R_z.

На чертежах шероховатость поверхности обозначают с помощью условных знаков.

Знак $\sqrt{}$ предназначен для обозначения шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается. Если способ обработки оговаривается (например, фрезеровать, точить, шлифовать), применяется знак $\sqrt{}$. Может встретиться и такой знак $\sqrt{}$. Он предназначен для обозначения шероховатости поверхности, не подлежащей обработке по данному чертежу.

Составляя чертежи, надо обязательно думать и о том, будет ли деталь технологичной. Если деталь проста по форме, сделана из наиболее дешевого материала, требует минимальной затраты труда на обработку и не требует подготовки при сборке, то такую деталь можно считать технологичной.

Все производственные рабочие чертежи удобно делить на три типа: 1) чертежи стандартных деталей — болтов, винтов, гаек, заклепок и т. п.; 2) чертежи деталей со стандартными изображениями — пружин, зубчатых колес, трубопроводов и др.; 3) чертежи оригинальных деталей. В каждой оригинальной детали всегда найдется стандартный элемент — фаска, проточка, паз, канавка, центр и др.

На рисунке 515 даны наглядные изображения и чертежи-подсказки нескольких типов оригинальных деталей, из числа которых можно всегда подобрать для себя образец при снятии эскизов с натуры. Так, деталь типа «пластина» изображается в одной проекции, типа «призма» — в двух проекциях, типа «скоба» — также в двух, но с разверткой; деталь типа «валик» требует одной проекции и

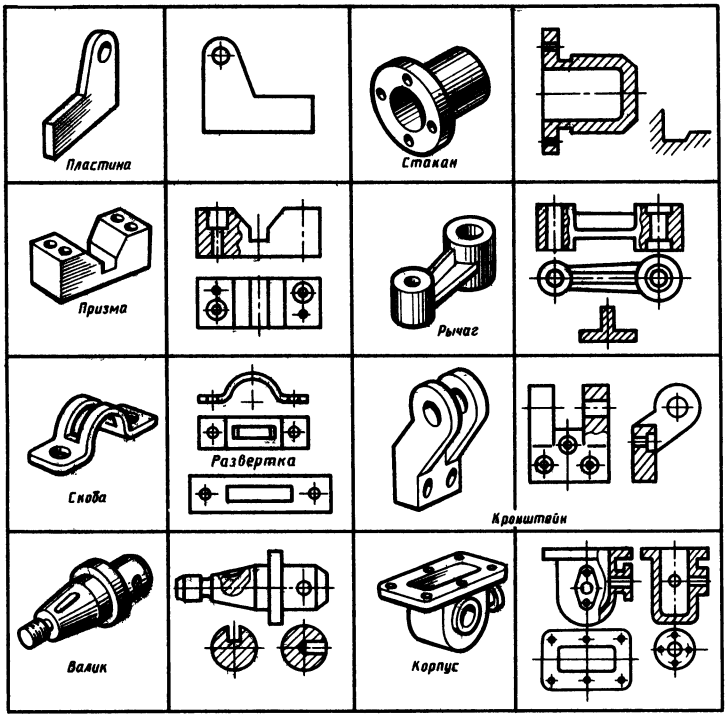


Рис. 515

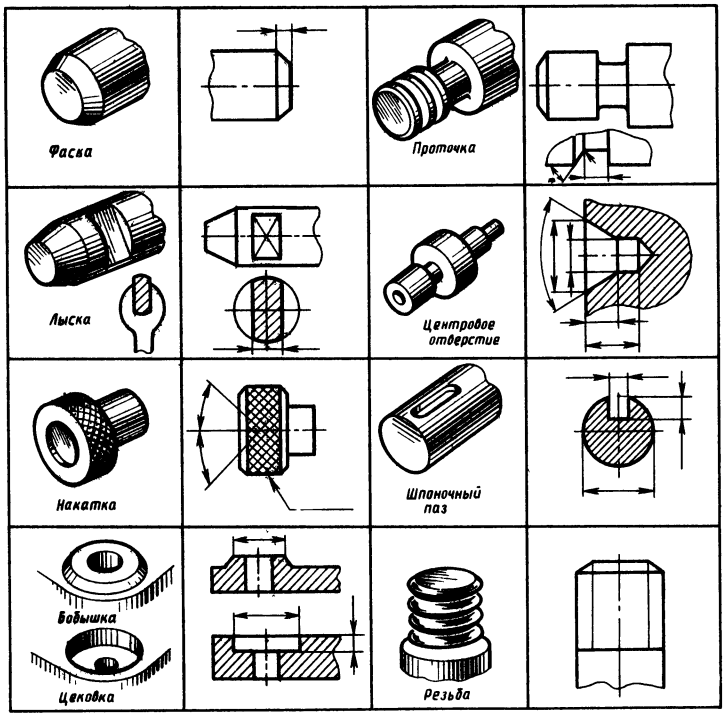


Рис. 516

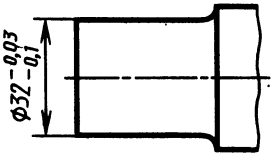


Рис. 517

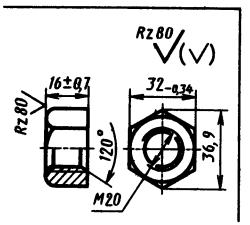


Рис. 518

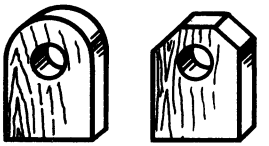


Рис. 519

сечений, «стакан» — одной проекции с частичным разрезом, «корпус» — трех проекций с разрезами и местными видами.

На рисунке 516 даны стандартные элементы детали. Если на детали, которую вы собираетесь отобразить, есть что-либо подобное, вам следует знать, что на эти элементы существуют нормы. Так, например, «лыска» обязательно имеет размер «под ключ», зев которого стандартизован. Если вы придумаете «свою» накатку, то это усложнит подбор соответствующего обрабатывающего инструмента и т. п.

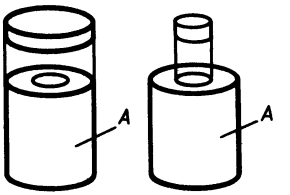


Рис. 520

●

260. Определите допуски, если на чертеже указаны следующие размеры с отклонениями:

1) $24^{+0,1}_{-0,2}$; 2) $18^{+0,2}$, 3) $36_{-0,6}$; 4) $64^{-0,2}_{-0,6}$.

261. Изготовленная по чертежу шейка валика (рис. 517) имела действительный размер 32 мм. Можно ли считать такой валик годным для дальнейшей сборки?

262. Определите предельные размеры и допуски на изготовление гайки по чертежу на рисунке 518. Какую шероховатость должны иметь боковые грани гайки?

263. Эти две деревянные детали (рис. 519) одного назначения. Но какая из них более технологична?

264. Как проще заделать отверстие в детали *A*? Так ли, как это показано справа или как слева (рис. 520)?

265. Для какой цели в средней части этого кронштейна диаметр отверстия увеличен (рис. 521)?

266. С точки зрения эксплуатации конструкции этих валиков совершенно равноценны, но технолог цеха настаивал на изготовлении валика по варианту, который приведен справа. Какими соображениями руководствовался технолог (рис. 522)?

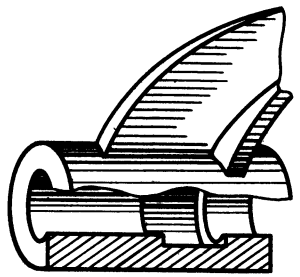


Рис. 521

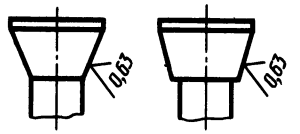
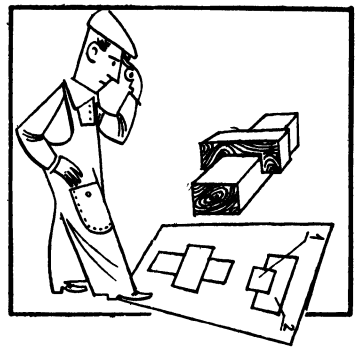


Рис. 522



СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Задача конструктора более сложная, чем задача рядового чертежника: конструктор не имеет наглядных изображений и готовых деталей. Изделия он конструирует заново, отображая на бумаге в первую очередь их форму.

В процессе конструирования рождается чертеж общего вида, на котором детали даны во взаимной связи и отображена форма всех элементов.

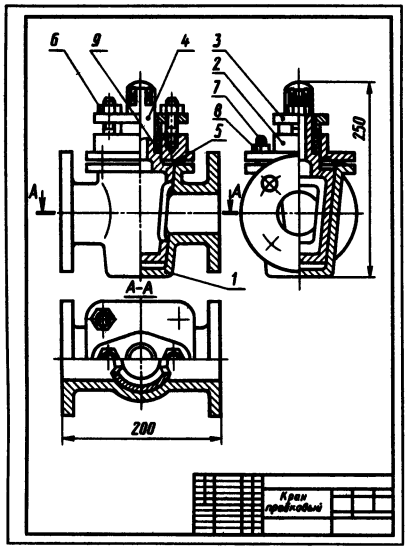
По конструкторскому сборочному чертежу в дальнейшем составляются рабочие чертежи деталей и рабочие сборочные чертежи, служащие целям сборки.

Внешне сборочный чертеж отличается от чертежей деталей тем, что имеет порядковые номера (номера позиций) и специальную таблицу (спецификацию), выполняемую на отдельном листе стандартного формата. С помощью порядковых номеров легче отыскать каждую деталь, указанную в спецификации.

На рисунке 523, *а* вы видите сборочный чертеж, на рисунке 523, *б* — спецификацию, а на рисунке 523, *в* — наглядное изображение детали пробкового крана. Идею нумерации отдельных элементов и своеобразную спецификацию их мы видим в рисунках зоолога (рис. 524,*а*) и географа (рис. 524, *б*).

На сборочных чертежах наносят только основные размеры: габаритные, характеризующие данную сборку, монтажные и установочные. Размеры частей каких-либо отдельных деталей наносят только в том случае, если на них нужно обратить внимание при сборке.

Сборочный чертеж выполняется по тем же правилам, что и чертежи отдельных деталей: вычерчивается необходимое число видов, разрезов, сечений и пр. По нему рабочий должен правильно понять конструкцию узла, взаимодействие деталей, уяснить способы их соединения, убедиться в том, что на сборку поступила нужная деталь.



а)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
				Документация		
				Сборочный чертеж		
				Детали		
		1		Корпус		1
		2		Крышка		1
		3		Крышка светильника		1
		4		Пробка		1
		5		Прокладка		1
				Стандартные изделия		
		6		Шпилька М12×50		2
		7		Болт М12×45		4
		8		Гайка М12		6
				Материалы		
		9		Набивка		1
				Кран пробковый		

б)

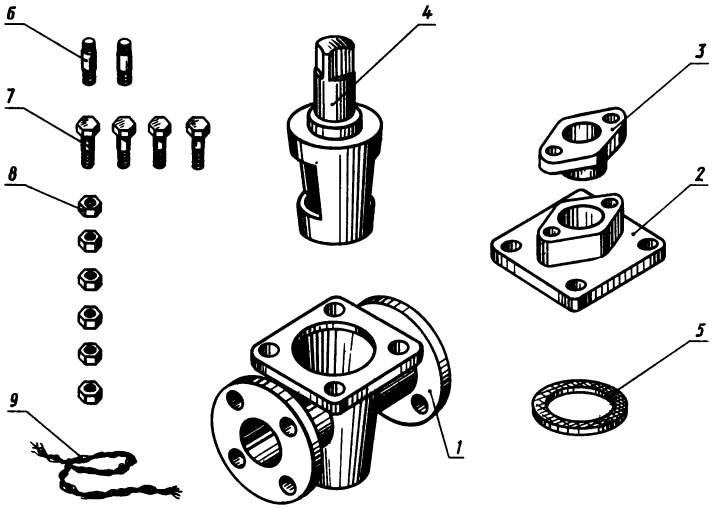


Рис. 523

Рис. 524

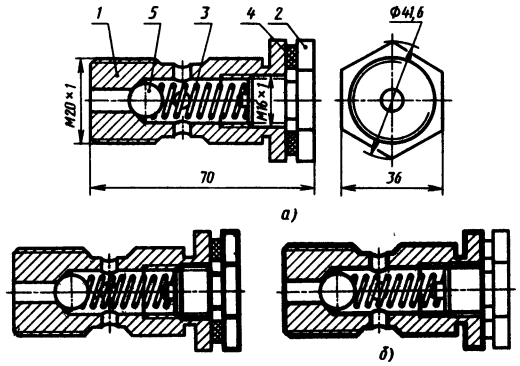


Рис. 525

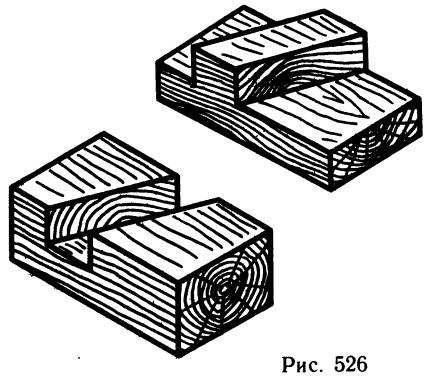


Рис. 526

Форма той или иной отдельной детали может быть и не показана на сборочном чертеже во всей полноте. В этом случае может помочь догадка, рассуждение и умение сопоставлять отдельные подробности чертежа.

На рисунке 525, *а* показан другой пример сборочного чертежа — клапана предохранительного, включающего корпус *1*, пробку *2*, пружину *3*, прокладку *4*, шарик *5*.

В случае повышения давления в трубопроводе больше допустимого клапан автоматически открывается и выпускает часть рабочей среды, предотвращая разрыв аппарата, установленного в системе. На примере деталей «пробка» и «корпус» (рис. 525, *б*) показано, как следует мысленно дорисовать отдельный элемент сборочного чертежа. При этом удобно (технически грамотно) различать на сборочном чертеже детали так: оригинальные, со стандартными изображениями (пружины, зубчатые колеса и др.), стандартные, о чем мы уже говорили ранее.

Решите несколько задач.

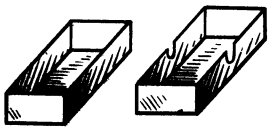


Рис. 527

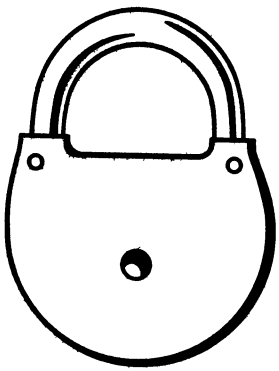


Рис. 528

267. Можно ли из двух половинок составить единый призматический брус (рис. 526)?

268. Скажите, какую из половинок коробки следует считать крышкой (рис. 527).

269. Найдите ошибку в рисунке замка (рис. 528).

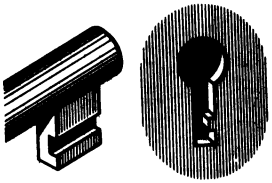


Рис. 529

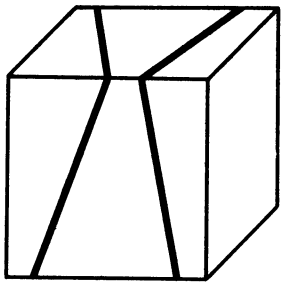


Рис. 530

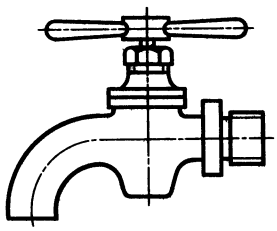


Рис. 531

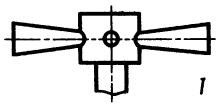
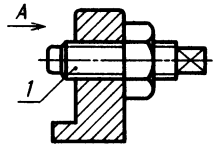


Рис. 532



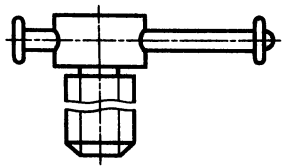


Рис. 533

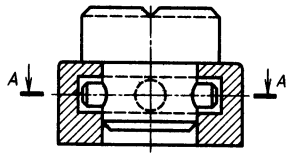
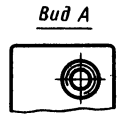
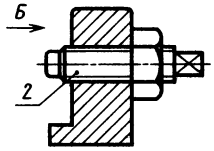
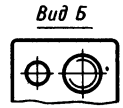
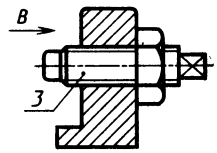


Рис. 534









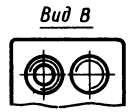


Рис. 535

270. Дано отверстие внутреннего замка и ключ к нему (рис. 529). Комнату требуется закрывать снаружи и изнутри. В этом отношении наш замок страдает существенным недостатком. Впрочем, может быть, дело не в замке, а в ключе. Как вы думаете?

271. Куб составлен из двух частей, которые свободно соединяются и разъединяются (рис. 530). Не догадаетесь ли вы, какой вид имеет каждая часть?

Нарисуйте их.

272. На чертеже водопроводного крана (рис. 531) допущена ошибка. Найдите ее.

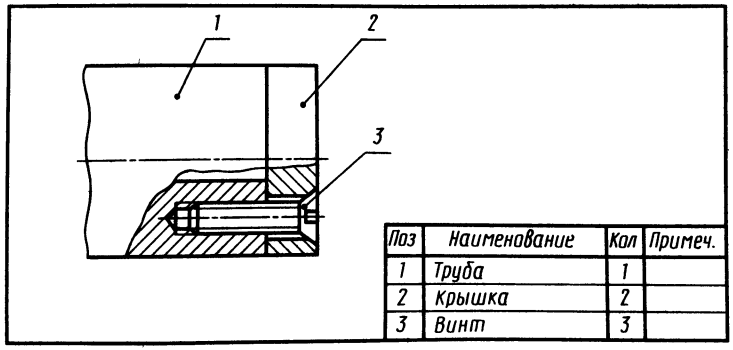
273. Поясните рисунком устройства ручек *1*, *2* и *3* (рис. 532).

274. Сосчитайте, сколько деталей в данной сборочной единице (рис. 533).

275. Как разбирается сборочная единица, изображенная на рисунке 534? Ответ проиллюстрируйте разрезом по $A - A$.

276. Как устроены детали *1*, *2* и *3* (рис. 535)? Дайте их изображения, но будьте внимательны!

277. Начертите в двух проекциях крышку, обозначенную на рисунке 536 цифрой *2*.



Поз	Наименование	Кол	Примеч.
1	Труба	1	
2	Крышка	2	
3	Винт	3	

Рис. 536

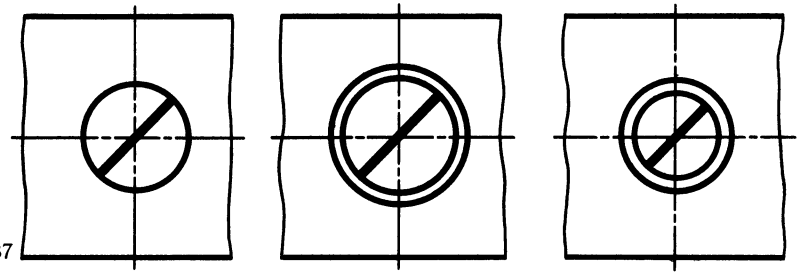


Рис. 537

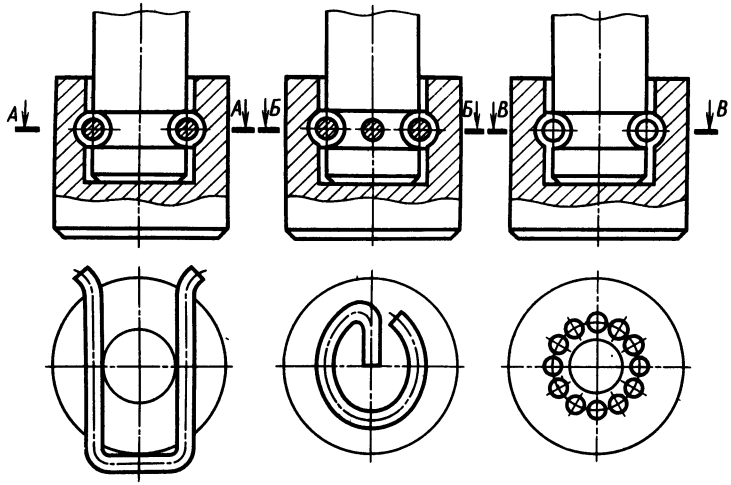


Рис. 538

278. Даны виды сверху соединений деталей винтом (рис. 537). Начертите разрез для каждого из этих соединений, расположив его на месте вида спереди.

279. Даны три сборочные единицы (рис. 538). Если вы знаете, как каждая из них устроена, то должны выполнить правильно разрезы *А — А*, *Б — Б* и *В — В*. (Для облегчения решения задачи построения таких разрезов начаты, вам надо лишь продолжить их.)

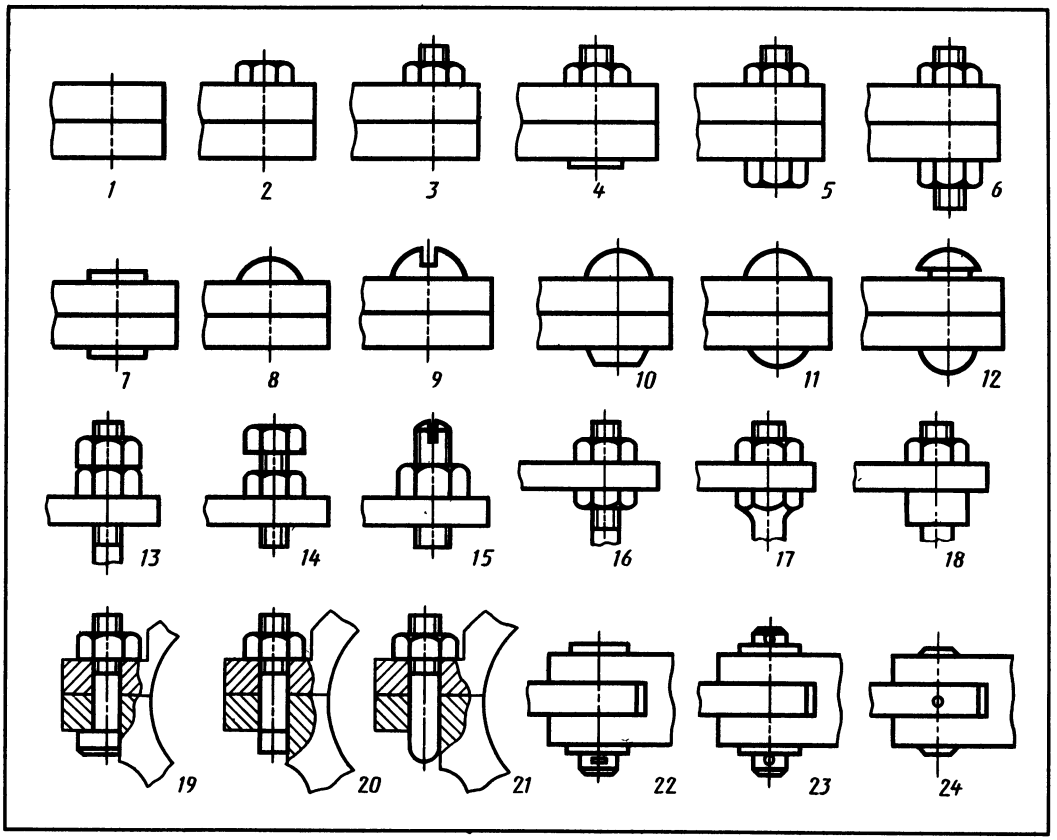


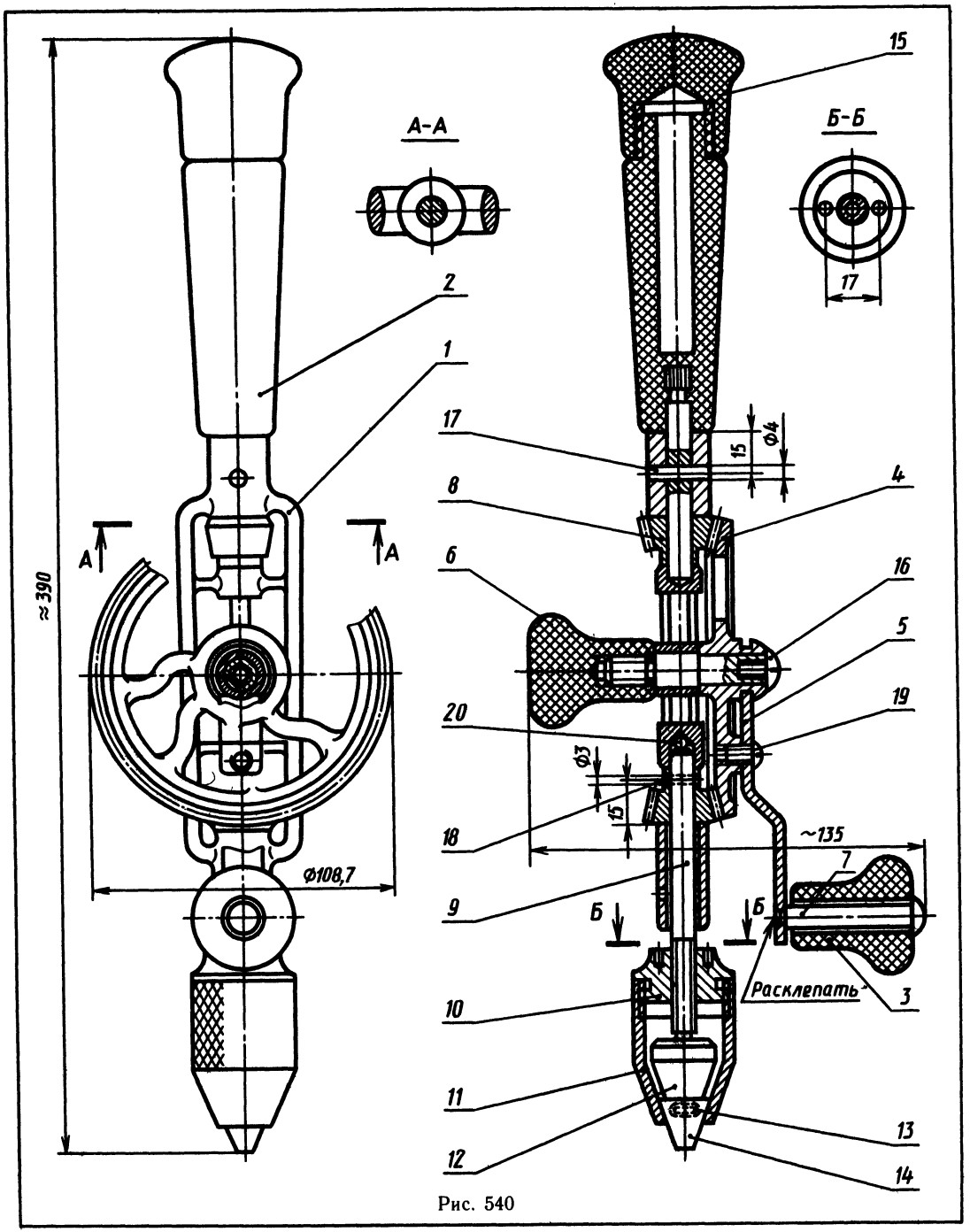
Рис. 539

280. Подумайте, как скрепляются металлические полоски в каждом из соединений *1...12*. В чем особенности резьбовых соединений *13...21* и соединений с помощью валиков *22...24* (рис. 539)? Выполните разрезы.

281. На рисунке 540 показан сборочный чертеж ручной дрели, включающий по спецификации сборочные единицы — корпус *1*, ручку *2*; детали — ручки *3* и *6*, зубчатые колеса *4* и *8*, планку *5*, ось *7*, шпиндель *9*, крышку патрона *10*, корпус патрона *11*, вкладыш *12*, пружину *13*, кулачек *14*, крышку ручки *15*, стандартные изделия — винты *16* и *19*, штифты *17* и *18*, шарик *20*.

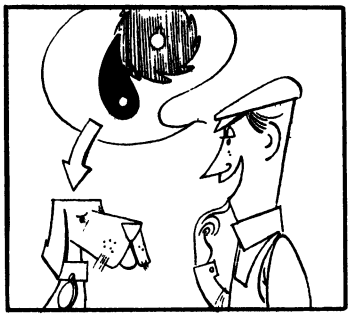
Сложным для понимания является корпус *1* (он включает «ось» и «втулку»), менее сложна, например, крышка патрона *10*, и совсем легко представить себе ось *7* или, например, крышку *15*.

Разберитесь, как устроен корпус *1*. Вычертите его в двух проекциях, добавив несколько разрезов или сечений.



А-А
Б-Б
15
17
2
1
17
15
Ф4
8
4
6
16
5
19
20
Ф3
15
18
~135
7
9
Б
Б
Расклепать
3
10
11
13
12
14
≈390
А
А
Ф108,7

Рис. 540



ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ

Создавая новые машины, приборы, инструменты, открывая новые явления, ученые, инженеры и рабочие зачастую используют уже имеющиеся названия, придавая им совершенно новый смысл. При этом новая вещь всегда имеет какой-либо общий признак со старым предметом, носящим то название.

Вот собачка. Это и щеколда, и клинышек, и особый зубец в механизме, препятствующий обратному движению, и гашетка огнестрельного оружия (рис. 541). Все эти предметы по-своему «стерегут», охраняют, препятствуют проникновению или вращению. Или вот названия: вилка, стакан, тарелка, зуб (рис. 542).

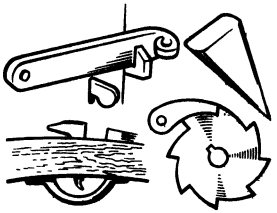


Рис. 541

Сравнив обыденные предметы с техническими, читатель заметит сходство форм этих предметов.

Носом принято называть переднюю часть корабля, самолета; шейкой — наиболее тонкую часть вала; глазком — смотровое отверстие; горлышком (горловиной) — узкую часть сосуда (рис. 543).

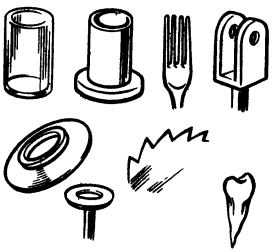


Рис. 542

Некоторые названия прямо указывают на роль детали в машине, станке, механизме: державка, ползун, регулятор, толкатель, ударник, боек, движок, прижим и т. п. Все эти существительные тесно связаны с глаголом. Глагол означает то или иное действие, а производное от него существительное — то, чем действуют:

ползать — ползун,
регулировать — регулятор.

Между прочим, в быту немало слов, составленных таким же образом:

мыть — мыло,	шить — шило,
точить — точило,	покрывать — покрывало.

Правил, которые учили бы называть технические предметы, не существует. Но это не мешает людям присваивать названия новым деталям и узлам. Помогает словарный запас, понимание ряда закономерностей в присвоении названий и общая эрудиция.

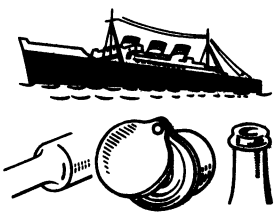


Рис. 543

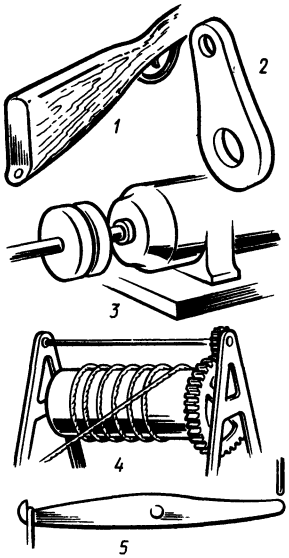


Рис. 544

282. Укажите, где здесь серьга, затыльник, муфта, барабан, коромысло (рис. 544).

283. На рисунках 545 показаны только те детали, название которых начинается на одну и ту же букву *ш*.

На рисунке изображены: шпилька, шпиндель, шпонка, швеллер, шуруп, штырь, штифт, шплинт, шестерня, штурвал, шатун, шток, шип, шайба, шаблон, шкив, шлиц, штуцер, штангенциркуль, шабер, штамп.

Сумеете ли вы правильно указать на рисунке каждую из этих деталей и не скажете ли, где и для какой цели они применяются?

284. На рисунке 546 цифрами обозначены элементы, которые часто встречаются в технических деталях.

Названия их не без оттенка занимательности: лыска, ласточкин хвост, ребро, буртик, торец, бобышка, фаска, паз, скос, проточка, галтель, гофр.

Сумеете ли вы правильно указать каждый из названных элементов? Каким целям они служат?

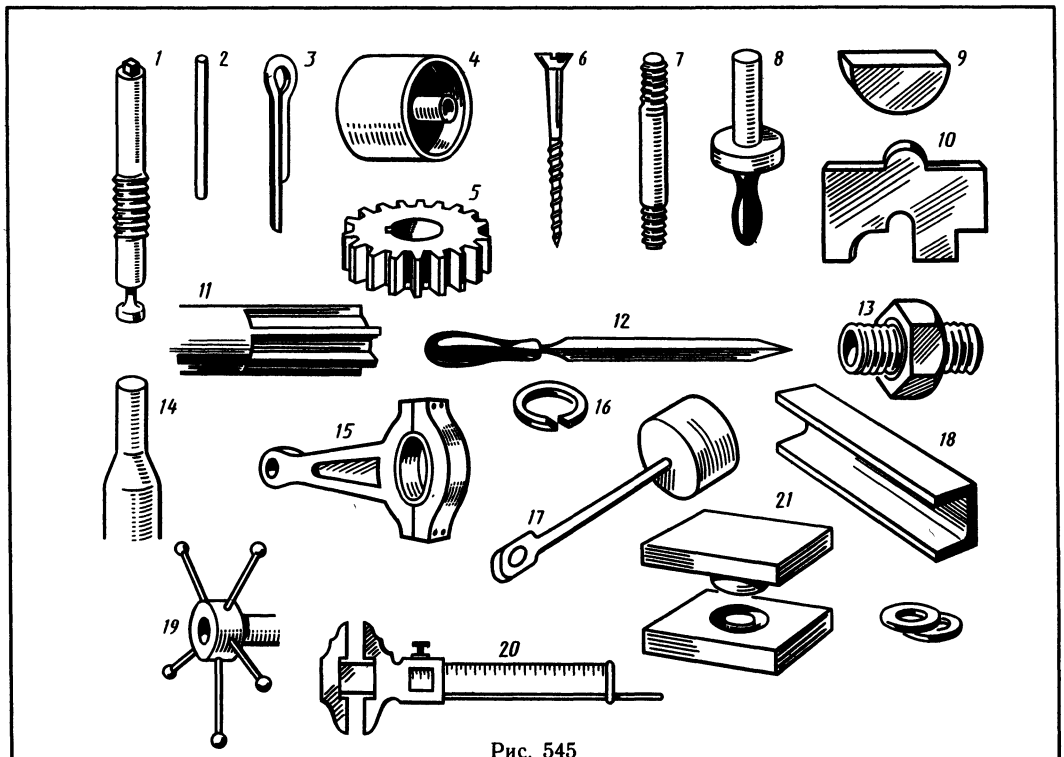


Рис. 545

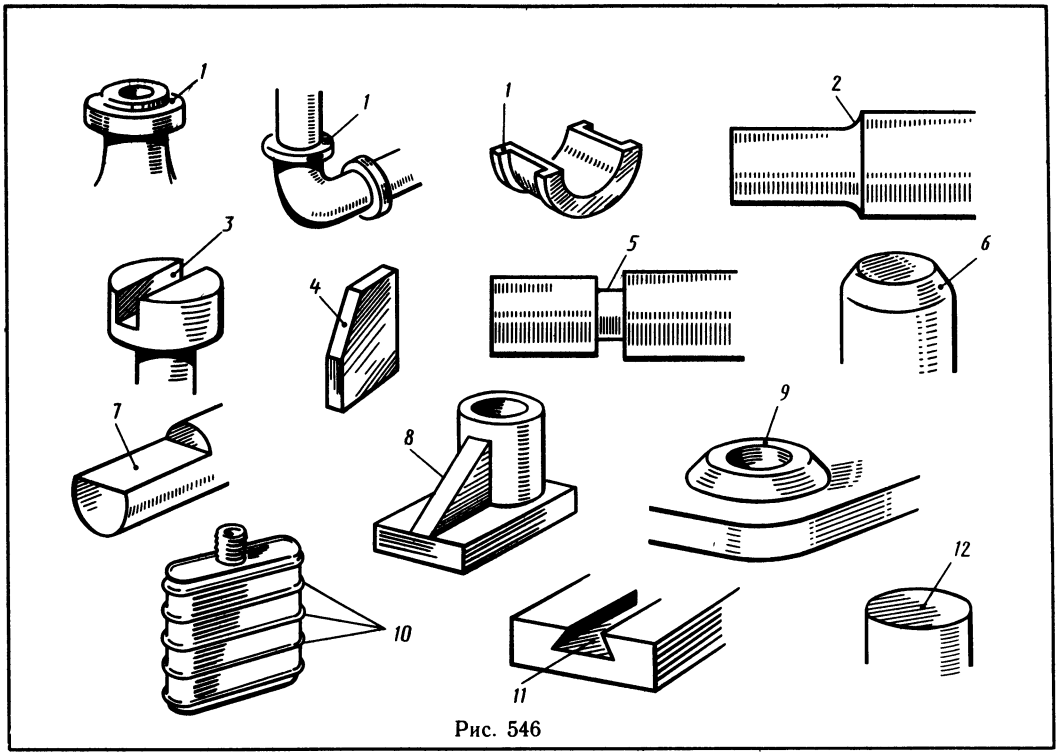
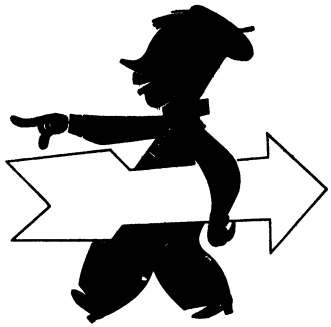


Рис. 546



ОТВЕТЫ

1. а) Правильно подготовлены к работе ножки циркуля *2*. б) Карандаш снизу очинен неправильно.

Чертят, как правило, на наклонной доске. С такой доски круглый карандаш скатывался бы довольно легко. У граненого карандаша этой вероятности меньше.

в) Для проверки прямого угла надо приложить треугольник одним катетом к линейке (рис. 547), по другому катету провести линию и перевернуть треугольник на 180°.

Вертикальный катет после поворота должен совпасть с проведенной линией. Если линии не совпадают, значит, угол треугольника не равен 90°.

2. а) Для проведения тонких линий необходимо остро и часто затачивать карандаш лезвием и на наждачной бумаге, обнажая пишущий стержень на 10 мм, как показано слева. Затачивают пишущий стержень карандаша для обводки чертежа и «лопаточкой».

б) Для черчения надо иметь минимум два карандаша: один из серии твердых (2 Т или Т), другой из серии мягких (ТМ или М).

в) Несмотря на то что учитель объясняет, как пользоваться циркулем, большинство учащихся стремятся держать циркуль не за головку двумя пальцами (как требуется), а всей кистью правой руки, что неверно.

4. Нельзя смешивать виды шрифтов. Например, в слове «Черчение», написанном в основном строчным шрифтом, буква «И» по конструкции прописная. Аналогичные же ошибки и в остальных словах.

9. 1) 540 м; 2) 350 м; 3) 325 м; 4) 300 м; 5) 334 м; 6) 365 м; 7) 448 м; 8) 550 м.

11. Рис. 548.

13. Слева — старик в очках; справа — попугай. Соответственно цифры 86 и 98.

14. Клеопатра.

15. а) А —7, Б —8, В —9, Г —10, Д —11, Е —12, Ж —1, З —2, И —3, К —6, Л —4, М —5.

б) А —5, Б —4, В —6, Г —3, Д —1, Е —2, Ж —7, З —8, И —9, К —10, Л —12, М —11.

в) А —5, Б —6, В —4, Г —8, Д —7, Е —9, Ж —3, З —12, И —1, К —2, Л —11, М —10.

17. Мальчик выпустил монету из руки:

1) заложенной за спину; 2) опущенной вдоль туловища; 3) вытянутой вперед; 4) согнутой в локте.

18. Тени получены при следующих положениях мальчика (рис. 549).

19. С первого взгляда кажется, что у дома стояли три бочки и три ящика. Можно также утверждать, что у дома было шесть бочек, но три из них стояли, а три лежали на боку. Учитывая, что контур, получаемый от дождя, не отличается четкостью, мы рассматривали бочку как цилиндр, хотя, впрочем, довольно много теперь бочек и цилиндрической формы.

20. 1) Плоскостью проекций являлась земля;
2) оригиналами — бочки;
3) проекциями — сухие участки земли;
4) проецирующими лучами — дождь.

21. Рис. 550.

22. Негатив может быть как проекцией, так и оригиналом. Сам по себе негатив — проекция, при печатании же карточек — оригинал.

23. При параллельном проецировании проекции параллельных прямых параллельны между собой, значит, на верхнем рисунке столбики освещаются солнечными лучами, на нижнем рисунке — фонарем.

24. Рис. 551.

25. Фалес, говорит предание, выбрал день и час, когда длина собственной его тени равнялась его росту; в этот момент высота пирамиды должна также равняться длине отбрасываемой ею тени. Длина же тени равна высоте отбрасывающих ее предметов в том случае, когда солнечные лучи встречают ровную почву под углом 45°.

26. Рис. 552.

27. Плоскую, вогнутую, выпуклую.

28. Левый ключ плоский, правый — круглый.

29. На снегу остается след от лыжи и лыжной палки.

30. На верхнем рисунке ветер дует от нас за картину. Все дымовые шлейфы параллельны, как параллельны рельсы железной дороги. Сойтись они должны в той точке горизонта, куда дует ветер, в силу явления перспективы, заставляющей сходиться и рельсы.

Легко догадаться, что на нижнем рисунке ветер дует из-за картины на нас. В прямоугольных проекциях дымовые шлейфы в том и другом случае изобразились бы в виде точек.

31. Ответ к задаче не может быть однозначным.

При центральном проецировании (источник света находится спереди и слева) тени могут быть отнесены к параллельным шестам, при параллельном проецировании — к шестам сходящимся.

32. В обоих случаях шашек может быть: одна, две, три... столько, сколько разместится их на столе в проецируемом направлении.

33. Рис. 553.

34. Рис. 554.

35. Шар касается в точке, карандаш — по прямой, баранка — по окружности.

36. Рис. 555.

37. Рис. 556.

38. Рис. 557.

39. 1) На циферблате вверху цифра *3,* внизу —*9,* слева —*12* и справа —*6,* имея в виду, что часы носят на левой руке заводной головкой к ее кисти.

2) Стол квадратный. У круглого стóла свес крышки должен быть больший (рис. 558).

3) Правая туфля, так как застежки располагаются с внешней стороны ног для удобства ходьбы. Иногда удается прочитать «неполный» чертеж благодаря такого рода конструктивной догадке.

4) Чтобы шахматная коробка в раскрытом виде образовала ровную доску, удобную для игры, обе ее половины должны быть одинаковой высоты. На рисунке же высота верхней половины коробки меньше высоты нижней половины.

40. В ящике лежит всего 14 бильярдных шаров.

41. Шар.

42. 1) Один; 2) шесть — столько, сколько граней у куба; 3) двенадцать — столько, сколько ребер у куба; 4) восемь — столько, сколько вершин у куба; 5) ни одного.

43. Вилка, ложка, чайник для заварки чая, мясорубка.

44. Левое изображение — проекция ключа; правое — проекция от-

верстия замка. Ключ нельзя вставить в отверстие замка, так как впадина на бородке ключа не совпадает с выступом отверстия замка.

45. Даны следующие аксонометрические проекции: *1, 2, 5, 6*— прямоугольная изометрическая, *3, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 14* — косоугольная диметрическая, *11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 29, 30, 31, 32* — прямоугольная диметрическая,*21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28* —горизонтальная изометрическая (менее всего знакомая вам).

47. Леонардо да Винчи.

48. «Чертеж — язык техники».

49. «Если чертеж является языком техники, одинаково понятным всем образованным народам, то начертательная геометрия служит грамматикой этого мирового языка, так как она учит нас правильно читать чужие и излагать на нем наши собственные мысли, пользуясь в качестве слов одними только линиями и точками как элементами всякого изображения».

50. «Сам погибай, а товарища выручай» — А. В. Суворов.

53. Рисунок в виде сетки на шляпке гвоздя увеличивает шероховатость ее поверхности и тем самым препятствует соскальзыванию молотка со шляпки при забивании гвоздя. Риски под шляпкой гвоздя — это следы, оставленные зубцами разъемной матрицы гвоздильной машины, служащей для производства гвоздей.

54. Стальные линейки применяются, как правило, при измерении и разметке различных технических деталей на производстве. Измерение некоторых деталей требуют, чтобы начало шкалы линейки совпадало с ее торцовой гранью (рис. 559).

В отличие от стальных линеек торцовая грань деревянных линеек быстро повреждается (например, при падении линейки на торец сминается угол) и, для того чтобы при этом сохранялись первые деления шкалы, их располагают на некотором расстоянии от края.

Кроме того, деревянные линейки чаще всего используются для измерений при вычерчивании деталей. С них часто приходится снимать размеры циркулем или измерителем. Иголку циркуля удобнее ставить на начальное деление шкалы в том случае, когда оно расположено на некотором расстоянии от торца линейки.

Отсюда можно заключить, что на рисунке верхняя — металлическая линейка, а нижняя — деревянная.

55. Мебельный замок может быть установлен и в горизонтальном и в вертикальном положении (рис. 560). Чтобы сделать отверстие для ключа в ящике и дверцах одинаковыми и не применять для них разных замков, отверстию в замке придают форму, показанную на рисунке. Такой замок с одинаковым успехом можно установить и в дверцу и в ящик.

56. Фигурный срез образует на конце носика узкий участок, благодаря чему увеличивается скорость движения жидкости и она стекает ровной струей, не растекаясь и не разбрызгиваясь по сторонам.

57. Придавая каждому из этих предметов определенную форму, конструктор старался их сделать не только красивее, но, прежде всего, удобнее для пользования. Чтобы понять это, возьмем кувшин цилиндрической формы и начнем его наклонять. Сначала кувшин будет стремиться вернуться на место, и вам придется прикладывать усилие, чтобы его наклонить. Но с некоторого момента кувшин изменит свое «поведение» — он будет стремиться опрокинуться, и теперь вам уже придется его поддерживать, чтобы он не упал.

Известно, что на все частички металла и воды действуют силы тяжести, которые направлены вниз. Эти силы можно заменить одной — равнодействующей силой, силой тяжести, действующей на тело в определенной точке кувшина, которая называется центром тяжести (рис. 561). Рассматривая положение центра тяжести относительно опоры, мы сможем объяснить «поведение» кувшина.

Пока центр тяжести находится над площадью дна, силы тяжести, создавая момент, действующий по часовой стрелке, ставят кувшин на

место (рис. 561, *а*). Но как только он сдвинется в сторону от площади дна, создается момент, действующий против часовой стрелки, который опрокидывает кувшин набок (рис. 561, *б*).

Увеличим площадь опоры кувшина, как показано на рисунке 561, *в*. В этом случае при том же наклоне кувшина (угол β равен углу α) он не будет опрокидываться, а будет стремиться встать на дно.

Выльем половину воды и повторим опыт (рис. 561, *г*). Как видите, теперь надо значительно больше наклонить кувшин, чтобы он опрокинулся. Это произошло потому, что центр тяжести кувшина с меньшим количеством воды расположен значительно ниже. Отсюда можно сделать вывод: предмет будет тем устойчивее, чем больше площадь его опоры и чем ниже расположен его центр тяжести.

Сделав кувшин расширяющимся в нижней части, выполняем сразу оба условия: увеличиваем площадь опоры и понижаем расположение центра тяжести — кувшин становится более устойчивым.

У ведра другое назначение: ведром пользуются для переноски воды, и часто приходится выливать воду из тяжелого ведра, опрокидывая его. Сделав ведро расширяющимся в верхней части, уменьшаем площадь опоры и повышаем центр тяжести: ведро становится менее устойчивым, и его легко опрокидывать.

58. Канавки облегчают протачивание лезвия ножа. Подобные канавки (они называются в технике проточками) широко применяются в машинных деталях. Проточку вы можете увидеть в конце резьбы — она сделана для свободного выхода резца — на ступенчатом валике, в слесарном угольнике (рис. 562). Изображение упора в лезвии ножа надо развернуть на 180°.

59. Резьбовое соединение проще штыревого, но на транспортной машине оно может быстро расстроиться. Штыри, поджатые пружиной, обеспечивают надежный контакт электролампы даже при сильной тряске.

60. Головки гаечных ключей повертывают относительно оси рукоятки обычно на 30°. Это сделано для возможности завертывания труднодоступных гаек и болтов (подробнее об этом см. в ответе на задачу 241).

61. Выпуклая ударная поверхность молотка позволяет наносить более точные удары и уменьшает изгибающие усилия (рис. 563, *а*), возникающие при отклонении оси молотка от оси инструмента во время удара (рис. 563, *б*).

Отверстие в молотке делается расширяющимся по краям для того, чтобы, расклинивая рукоятку, можно было прочно закрепить ее в молотке и предотвратить соскакивание молотка во время работы.

62. Везти тяжелый предмет на колесах легче, чем тащить волоком. Поэтому к ножкам тяжелой мебели приделаны ролики. Представьте себе, что ролики установлены непосредственно под ножкой (рис. 564, *а*). В этом случае ролик катился бы только при перемещении мебели в направлении, указанном стрелкой, а при движении мебели в перпендикулярном направлении ролик не только не облегчал бы движения, а, наоборот, препятствовал бы ему, врезаясь в пол (рис. 564, *б*). Поэтому пришлось вынести ролик несколько в сторону и вмонтировать его в специальную поворотную вилку (рис. 565). Теперь двигающее усилие и сила трения создают вращающий момент, который устанавливает вилку в направлении двигающего усилия, и ролик снова начинает катиться по полу, облегчая передвижение мебели.

Такие ролики значительно облегчают перевозку тяжестей и позволяют производить самые крутые повороты (вплоть до поворота на месте). Они нашли широкое применение в различных тележках, которые вы можете встретить на вокзале, в цехах и складах.

63. Налейте в бутылку из-под воды молоко, подождите, пока оно не превратиться в простоквашу, а потом попробуйте вылить. Вы пожалеете о том, что у вас бутылка с узким горлышком. Потому-то для молочных продуктов делают специальные бутылки с широким горлышком.

Горлышко в молочном бидоне шире для того, чтобы можно было быстро переливать молоко. Кроме того, такой бидон удобно мыть.

Бидон для керосина и других горючих веществ имеет узкое горлышко, которое надо плотно закупоривать пробкой, так как жидкость легко воспламеняется. Преимущества узкого горлышка здесь также в том, что из него удобнее выливать керосин в керосинку, он вытекает небольшой струйкой. К тому же керосиновые бидоны нет никакой надобности мыть.

64. Для того чтобы предмет с плоским дном был устойчив на плоской поверхности, необходимо очень точно обрабатывать эти плоскости. Даже если дно блюдца или тарелки сделано идеально ровным, достаточно маленькой крошки хлеба, попавшей между дном и поверхностью стола, чтобы эти предметы потеряли устойчивость.

Известно, что для обеспечения устойчивости предмета достаточно трех точек опоры, но при большой опорной площади, заключенной между ними. При плохо обработанных поверхностях предмет опирается на три точки, положение которых случайно, а опорная площадь между ними чаще всего мала, поэтому необходимой устойчивости у предмета нет.

Делая кольцевой выступ на окружности дна, точки опоры размещают по его краям, обеспечивая бо́льшую опорную площадь и, следовательно, лучшую устойчивость предмета. Одновременно избавляются от трудоемкой работы по тщательной обработке всей поверхности дна предмета, ограничиваясь шлифовкой только узкой поверхности кольцевого выступа.

Этим приемом широко пользуются в технике. Например, корпус подшипника должен плотно стоять на станине станка. Вместо того чтобы обрабатывать всю его нижнюю поверхность по периметру делают выступ (рис. 566), который подгоняют (шлифуют и шабруют) к месту его соприкосновения со станиной станка.

65. Режущие части топора благодаря округленной форме соприкасаются с обрабатываемым материалом на очень маленькой площадке, следовательно, при ударе давление со стороны инструмента будет более сильным, рубить станет легче.

66. Известно, что положение плоскости в пространстве определяется тремя точками. Поэтому, чтобы обеспечить устойчивое положение любой плоскости, будет ли это плоскость дна чайника или обеденного стола, достаточно иметь три точки опоры. Предмет в этом случае независимо от того, на какую поверхность установлен, не будет качаться.

Трехножный штатив для фотографического аппарата никогда не покачнется и не испортит снимка.

Но стулья и столы все же делают с четырьмя ножками. Возьмем два круглых стола одинакового размера. Один установим на трех ножках, а другой — на четырех (рис. 567, *а*). При неровностях пола или неодинаковой длине ножек стол на четырех ножках будет качаться, а стол на трех ножках будет стоять устойчиво. Но попробуйте облокотиться на крышки этих столов в точке *Р*. При одинаковом весе стол на трех ножках наклонится при значительно меньших усилиях. Это объясняется тем, что площадь *АВС*, заключенная между опорами у стола на трех ножках, значительно меньше площади *АВСД* между опорами у стола на четырех ножках. При одном и том же размере крышки опорная площадь у стола с четырьмя ножками всегда будет больше, чем у стола с тремя ножками. Особенно это заметно, если крышка стола квадратная (рис. 567, *б*). На такой стол в точках *А* и *В* облокачиваться нельзя.

Круглые столы иногда делают и на трех ножках, квадратные всегда имеют четыре ножки.

Зная это, легко понять, почему не делают стульев с тремя ножками. Сидеть на таком стуле надо очень осторожно. При наклоне туловища в сторону вы легко можете оказаться на полу.

67. Лопата с прямым острием предназначена для мягких грунтов, с закругленным — для средних и с суженным — для твердых. Такое

разнообразие лопат связано с удельным давлением, которое необходимо создать, чтобы врезаться в грунт.

68. Чем больше поверхность тела, на которую распределяется его вес, тем меньше давление на отдельные участки этой поверхности, тем больше ощущение «мягкости». Скамейка с профилем, соответствующим изгибам человеческого тела, обеспечивает распределение его веса на значительно бо́льшую поверхность, чем ровная поверхность сиденья стула. Поэтому «жесткая» скамейка с изогнутым профилем кажется «мягче» стула, на такой скамейке удобнее отдыхать.

69. 2) Одинаковые горлышки закрывают одинаковыми крышками. Это очень удобно для населения и торгующих организаций и, конечно же, для заводов-изготовителей. Каждый конструктор стремится детали одного назначения привести к единой форме и размерам, т. е. унифицировать их.

70. Продолжая разговор, начатый в задаче 65, скажем, что, чем меньше радиус кривизны режущей кромки, тем меньше площадь соприкосновения с обрабатываемым материалом, тем больше давление на этот материал. Именно это и нужно дровосеку. Величины радиусов связаны с положением топора относительно ствола дерева при естественном исходном положении лесоруба (рис. 568).

Участок *АБ* при рубке наиболее активный, и удлинять его в направлении точки *Г* не надо. Участок *БВ*, напротив, менее активен — меньше приложение ударной силы, поэтому требуется некоторая дополнительная длина, предотвращающая врезание конца *В* в ствол дерева.

71. Задача решается мгновенно, если вспомнить, что две проекции точки лежат на одном перпендикуляре к оси проекций. Проверяем: на плоскости W не изображена правая ласточка (см. фронтальную проекцию).

72. Рис. 569.

73. Рис. 570.

74. Хотя по рисунку и вертикальным проекциям создается впечатление опасности, на самом деле никакой опасности нет, так как подводная лодка и корабль находятся на значительном расстоянии друг от друга, что легко определить по их горизонтальным проекциям.

75. Не мешает в обоих случаях.

76. а) На полке —7; на бильярдном столе —5; на полу —2; в руках у играющего —2.

б) На полке —3; на бильярдном столе —5; на полу —2; в руках у играющего —2; в лузах —4 (рис. 571).

79. Рис. 572.

80. От точки до натуральной величины.

87. Рис. 573. Минутная стрелка во всех случаях проецируется в точку. Положение часовой стрелки легко определить по рисунку.

82. Изобразив шлагбаум в открытом положении, замечаем, что имеем дело с прямоугольным треугольником, в котором шлагбаум является гипотенузой, а проекция шлагбаума и проецирующий перпендикуляр — катетами. В прямоугольном треугольнике катет, лежащий против угла в 30°, равен половине гипотенузы, поэтому открытый шлагбаум должен составить с плоскостью земли угол в 60°. Построив такой треугольник (рис. 574), проверяем по чертежу — машина с сеном проедет.

83. «Работать вслепую, не зная, что у тебя должно получиться, не достойно человека».

84. Рис. 575.

85. Рис. 576.

86. Проекция правого шнура представляет собой истинную величину шнура.

87. «Красивый и легко читаемый шрифт есть известного рода вежливость в отношении читающего».

88. Рис. 577.

89. Рис. 578.

90. Рис. 579. Ответ дан только для турника.

91. 1) Когда шел в школу, так как неподвижная часть крана показана с различных точек зрения.

2) Метод вращения — когда я стоял у окна, а стрела крана вращалась; метод перемены плоскостей проекций — когда стрела не вращалась, а я шел в школу и наблюдал стрелу с различных сторон.

92. 1) Находим истинную величину отдельных участков пути методом вращения проекции (рис. 580).

2) Измеряем найденные отрезки:

1-й отрезок пути ≈ 32 мм
2-й » » ≈ 13 мм
3-й » » ≈ 29 мм
Итого ≈ 74 мм

3) Учитывая масштаб, находим истинную величину пути лыжников: $74 \times 300 \approx 22$ м.

93. 1) Находим истинные величины отрезков 1, 2 и 3 (рис. 581).

2) Измеряем найденные отрезки.

1-й отрезок ≈ 22 мм.
2-й » ≈ 25 мм.
3-й » ≈ 10 мм.

3) Учитывая масштаб, находим необходимое количество стальной проволоки: $22 \times 4 \times 200 \approx 17{,}6$ м; медной проволоки: $(25 + 10) \times \times 200 \approx 7$ м.

94. Рис. 582.

95. Рис. 583.

96. Рис. 584.

97. Рис. 585.

98. Рис. 586. Рис. 587.

99. Нам известно, что две проекции точки лежат на одном перпендикуляре к оси проекций. Следовательно, если рапиры касаются, то они имеют одну общую точку, проекции которой должны лежать на одном перпендикуляре к оси проекции (в данном случае к оси O_z). Проверяем — рапиры касаются.

100. Прямые не параллельны — они скрещиваются. Это можно установить по буквенным обозначениям, не строя третьей проекции.

101. Рис. 588. В ответе приведено только пять случаев.

102. Рис. 589.

103. Рис. 590.

104. Рис. 591.

105. Рис. 592.

106. Рис. 593.

107. Рис. 594.

108. Рис. 595.

110. Рис. 596. Муха коснулась колпака (см. точку *1*). Если бы горизонтальная проекция мухи располагалась ниже окружности сечения (точка *3*), то сама муха была бы над колпаком, а если выше окружности сечения (точка 2), то муха была бы под колпаком.

111. Палка лежит на крыше (рис. 597).

112. Если четырехугольник плоский, то его диагонали должны пересекаться.

Проверяем: диагонали не пересекаются (проекции точки пересечения не лежат на одном перпендикуляре к оси O_x). Следовательно, рамка не плоская.

113. Задача заключается в определении точки встречи прямых *BA, BД, BE, BC* (мачты и растяжек) с плоскостями — скатами крыши.

Выполним некоторые действия для определения точки встречи прямой *BE* с плоскостью заднего ската: 1) проведем через прямую *BE* вспомогательную горизонтально проецирующую плоскость P (для этого проведем след P_H через проекцию *ве;* след P_V, перпендикулярный оси O_1 на эпюре не показан); 2) определим линию пересечения I—II (1—2,

1′—2′) плоскости P с плоскостью заднего ската; 3) отметим искомую точку пересечения G (g, g′) линии I—II с прямой BE.

Остальные точки определим аналогично, а точку встречи прямой BC (искомая точка F) — непосредственно из эпюра (f′ находится в точке пересечения проекции $a'c'$ со следом P_V плоскости ската).

115. Отрезки прямых.

116. 1) Через фокус проводят прямую, перпендикулярную направляющей (ось параболы), и отрезок от фокуса до направляющей делят пополам: получается вершина параболы — точка A (рис. 598).

2) По оси параболы от вершины A откладывают несколько отрезков произвольной длины и через точки деления проводят перпендикуляр к оси.

3) На этих перпендикулярах делают засечки дугами, проводимыми из фокуса F, радиусы которых равны расстоянию от данного перпендикуляра до направляющей ($R=1$).

4) Через полученные точки (M, M_1) по лекалу проводят кривую.

117. Рис. 599.

118. Гиперболы.

119. Контуры концов патрубка A будут представлять собой эллипсы, а контуры концов патрубка C и $Д$ — окружности (рис. 600). Ясно, что такое соединение практически нельзя выполнить — будут щели. Водосточную трубу надо было изобразить так, как это показано на рисунке 601.

120. В колбе: 1) круг; 2) эллипс; 3) треугольник; 4) гипербола; 5) парабола.

В пробирке: 1) круг; 2) эллипс; 3) прямоугольник (с одной стороной в виде дуги окружности).

В колбе с шаровой поверхностью во всех случаях будет круг.

121. По эллипсу.

122. Примерно по параболе.

123. По гиперболе (рис. 602).

124. По циклоиде. По укороченной циклоиде.

125. Сначала эпициклоиду, а затем гипоциклоиду (рис. 603).

128. Рис. 604.

129. Рис. 605.

130. Рис. 606 и 607.

131. Изображения кнопок *1, 3* и *5* — чертежи; изображения *2* и *4* — рисунки, причем кнопки *3* и *5* неисправны, острия их отогнуты от основания на угол больше и меньше 90° соответственно.

132. Рис. 608.

133. Рис. 609.

136. Конверта.

137. Конуса.

138. На левом кубике — грибы, на среднем — морковь, на правом — вишню.

140. Примерно 1 м.

141. Этикетка — это своего рода развертка боковой поверхности консервной банки. Зная ее длину, нетрудно найти диаметр банки, а зная диаметр и высоту (по этикетке), легко вычислить объем банки.

142. Части цилиндра.

143. 174, 6 мм.

144. Надо показать, что каждое изображение составлено из шести квадратов, как показано на фигуре слева.

146. Буквы слова «Москва» справа загораются и не гаснут все время, пока не наберется полное слово. Каждая буква слева высвечивается до загорания следующей буквы.

147. Рис. 610 (даны чертеж и развертка одной детали).

148. Рис. 611.

149. Рис. 612.

150. Рис. 613.

151. Рис. 614.

152. 1) А, Д, Ж, М, П, Т, Ш;
2) Е, З, С, Э, Ю;
3) И;
4) О, Н, Ф, Х;
5) остальные.

153. Каждая деталь имеет по две плоскости симметрии, однако на чертежах для детали *1* и *2* целесообразно показать след лишь одной из них (рис. 615).

154. Рис. 616.

155. Рис. 617

156. Дверь можно оборудовать ручкой, изображенной на рисунке 365, *б*. Какая бы дверь ни была — двустворчатая или одностворчатая, такой ручкой, установленной с внутренней стороны, будет неудобно пользоваться: можно защемить руку при закрывании двери (рис. 618, *а*).

Чтобы сделать ручку более удобной, достаточно немного сместить рукоятку относительно планки (почему не всю ручку, подумайте сами), как показано на рисунке 365, *а* и на рисунке 618, *б*.

Но вот беда — поставить такую ручку с обеих сторон двери нельзя: с наружной стороны она будет выступать за край двери (рис. 618, *в*), значит, такую ручку можно установить только с одной стороны. Может быть, с другой стороны поставить прямые ручки? Разные ручки на одной двери — это не очень красиво. Поэтому для другой стороны двери ставят ручки, как показано на рисунке 618, *г*. Но в этом случае ручки одной двери будут похожи так же, как левая варежка похожа на правую (рис. 365, *а*). Эти ручки так и называются — левая и правая.

158. *А* —10; *Б* —1, 4, 9, 11, 12 и 16.

159. Рука и ее отражение в зеркале — фигуры, обладающие зеркальной симметрией.

160. Слово «НАТАША» надо написать столбиком.

161. Рис. 619.

162. Рис. 620 и рис. 621.

163. Рис. 622.

164. На боковой грани (слева) след от лезвия должен быть параллелен вертикальным ребрам резинки (рис. 623).

165. Рис. 624. Ответы даны не ко всем примерам.

166. Рис. 625. Остальные шесть деталей в ответе не приводятся.

167. Как видно из рисунка 626, учащиеся допустили грубую ошибку.

168. Рис. 627.

169. Все решения правильны (рис. 628).

170. Рис. 629.

171. Рис. 630.

172. Рис. 631 (даны изображения не всех деталей).

173. Рис. 632.

174. Рис. 633 (ответ дан для случая 2).

175. Рис. 634.

176. Из верхнего чертежа узнаем, что всего шашек шесть; тогда, зная общее число шашек, из нижнего чертежа устанавливаем, что из них три шашки белые. Итак, три — белые, три — черные.

177. Всего шашек 10; в столбике *1*— одна черная шашка и три белые; в столбике *2*— одна белая; в столбике *3*— одна белая, а в столбике *4*— четыре черные.

Цвет нижней шашки в столбике *4* установить по имеющимся проекциям невозможно. Условие задачи и проведенный нами подсчет черных шашек позволяют заключить, что самая нижняя шашка в столбике *4* черного цвета.

178. В столбике *1*— шашки, в столбике *2*— домино.

179. Во всех трех столбиках шашек одинаковое количество —27.

180. Рис. 635.

181. Рис. 636.

182. Рис. 637.

183. Около 230 мм. Пучок света надо рассматривать как конус, а стену, на которую падает тень,— как плоскость. В результате пересечения конуса плоскостью образуется сечение в виде светового пятна на стене.

Учитывая, что конус — тело вращения, расстояние, взятое от оси лампы до образующей конуса на уровне самой высокой точки светового пятна, есть расстояние от лампы до стены (рис. 638).

185. Рис. 639.

186. Дуга трамвая прижата к проводу. Верх его сделан из мягкого алюминия, чтобы провод не стирался. Зато сама дуга стирается быстро. Если провод подвесить по прямой линии, дуга будет соприкасаться с ним в одном и том же месте и скоро перетрется. А зигзагообразный провод переходит по дуге от одного края к другому и обратно. Вы можете это увидеть сами, поглядев вслед идущему трамваю. Дуга в этом случае стирается равномерно. Когда она все же сотрется, ее заменяют новой. Дуга стоит недорого, ее легко сменить. А провод? С ним много хлопот, да и стоит он дороже.

Троллейбус не имеет рельсового пути, поэтому оба провода подвешиваются сверху. Принять с них ток с помощью дуги в этом случае нельзя — приходится делать специальные штанги с контактными башмаками, которые скользят по проводам. Как известно, троллейбус должен подъезжать близко к тротуару или, наоборот, выезжать на середину улицы для обгона других машин. Это можно осуществить только с помощью длинных штанг, свободно поворачивающихся на шарнирах. Прямой провод в таком случае более целесообразен.

188. Рис. 640 и 641. Летчик обнаружил, что предметы поворачиваются.

189. а) Треугольник слева виден только с одной стороны, треугольник справа — с двух сторон.

б) Видимым будет черный карандаш, так как на виде сверху его точка кажущегося пересечения («конкурирующая» точка) отстоит дальше от оси O_x, чем точка белого карандаша.

190. Мяч точно над сеткой (рис 642).

191. Оба кофейника одной вместимости, так как носики их находятся на одном уровне.

192. Электрические транспортные машины приводятся в движение с помощью электродвигателей, которые получают электроэнергию от контактной сети, расположенной вдоль пути. Чтобы получать энергию от контактной сети, эти машины должны иметь специальное устройство — токоприемник. В зависимости от вида машины и устройства контактной сети токоприемники имеют различную конструкцию.

Рисунок 426, *а* — моторный вагон пригородного электропоезда. Его легко узнать по пантографическому токоприемнику. Электрический ток поступает с провода через вставку токоприемника к двигателям и через колеса уходит в рельсы, которые являются вторым полюсом. Контактный провод очень трудно подвесить точно посередине пути (см. ответ к задаче 186), поэтому вставка токоприемника имеет длинную контактную поверхность, которая обеспечивает надежный контакт между дугой и проводом при отклонении его от середины пути (рис. 643).

Рисунок 426, *б* — троллейбус. Троллейбус не имеет рельсового пути, и поэтому оба привода подвешиваются сверху. Чтобы троллейбус имел возможность подъезжать близко к тротуару или, наоборот, выезжать на середину улицы для обгона других машин, штанги сделаны длинными и имеют возможность свободно поворачиваться на шарнирах.

На рисунке 426, *в* токоприемника наверху нет. Очевидно, он расположен в нижней части вагона. В каких вагонах так сделано? В моторных вагонах метрополитена. Там контактная сеть выполнена в виде металлического рельса, проложенного вдоль пути на специальных опорах (рис. 644). На этом же рисунке видно, как расположены токоприемники на вагоне.

193. 1) Утюг; 2) ракета; 3) лодка; 4) дом; 5) резец; 6) винт.

194. Строим вид сверху. Вратарь опоздал — мяч в сетке.

195. Рис. 645.

196. Рис. 646.

197. Рис. 647.

198. Рис. 648.

199. Рис. 649.

200. Рис. 650.

201. Рис. 651.

202. Слово «правильно».

203. Рис. 652.

204. Пример выполнения показан на рисунке 653.

205. Правая ложка легче левой, так как дополнительные линии на ней указывают на наличие гофра, который бывает у предметов, изготовленных из сравнительно тонких материалов.

206. Рис. 654.

207. Рис. 655.

208. Рис. 656.

209. Рис. 657.

210. Рис. 658.

211. Холм — слева, яма — справа. По правому.

212. Слева — столб телеграфный.

213. Рис. 659.

214. Рис. 660.

215. Рис. 661.

216. Рис. 662, *а*.

217. 1) Морковь — овощ (яблоко, груша, слива — фрукты); 2) перо — орудие письма (бритва, нож, ножницы — режущие инструменты); 3) книга — печатное издание (портфель, кошелек, чемодан — емкости); 4) винт — деталь крепления (пила, топор, буравчик — плотницкий инструмент); 5) пирамида (три призмы); 6) конус (три цилиндра); 7) многогранник (круглые тела); 8) одно тело (конус) со срезом, параллельным основанию (три тела с косым срезом плоскостью).

218. а) Рис. 662, *б*. Ответ дан на пару *1*.

б) Рис. 662, *в*.

219. а) Линии на рисунке показывают, как следует комплектовать мебель по стилю.

б) *А —2; Б —3; В —1*.

220. Рис. 663.

221. Верхним — яблоко, нижним — огурец.

222. Рис. 664.

223. Рис. 665.

224. Слева — сечение, справа — разрез.

225. Рис. 666.

226. Рис. 667.

227. ГОСТ рекомендует помещать разрез справа от оси. Поэтому левое изображение действительное.

229. Рис. 668.

230. Показаны сечения троса (*1*); эталона метра (*2*); масштабной линейки (*3*); метчика (*4*); бревна сруба дома (*5*); ступени лестничного марша (*6*).

231. 1) Камень естественный; 2) керамика для кладки; 3) дерево; 4) стекло; 5) грунт естественный; 6) бетон; 7) песок, штукатурка, раствор; 8) неметаллические материалы (например, резина); 9) металл; 10) жидкости.

232. Рис. 669, *а*.

233. Рис. 669, *б*.

234. Выбор винтов (рис. 476) определяется условиями их применения. Большие детали удобнее крепить винтами с шестигранной головкой (рис. 476, *а*). Такие детали почти всегда позволяют пользоваться

обычным гаечным ключом, а шестигранная головка винта допускает большие усилия затяжки. Когда обычным гаечным ключом пользоваться неудобно, применяют торцовые гаечные ключи.

Для более мелких деталей применяют винты с цилиндрическими шлицованными головками (рис. 476, *б*) — их удобно завертывать с помощью отвертки. Часто приходится соединять детали таким образом, чтобы головка винта не выступала над поверхностью детали. Если деталь с отверстием для винта достаточно толстая, применять винты с цилиндрической шлицованной головкой (рис. 670, *а*), которая помещается в специальную выточку.

При больших усилиях затяжки винтов лучше применять винты с головкой, имеющей внутренние грани (рис. 476, *в*). Такие винты завертывают с помощью специального торцового ключа.

Тонкие детали крепятся с помощью винтов с потайной конической головкой (рис. 476, *г* и 670, *б*).

Для улучшение внешнего вида деталей применяют винты с полукруглыми или полупотайными головками, которые часто никелируют (рис. 476, *д* и 670 *в* и *г*).

235. Рис. 671.

236. Шаг —4 мм, резьба правая.

237. Рис. 672.

238. Левое изображение — проекция гайки, правое — болта; это подтверждается положением дуги окружности, проведенной тонкой сплошной линией.

239. Верхняя — шестигранная, нижняя — квадратная (см. рис. 673).

240. Шпилька ввертывается в гнездо «до конца», т. е. так, что ее резьба полностью прячется в детали, а винт должен иметь некоторый запас резьбы даже тогда, когда он завинчен полностью. Отсюда части 3 и 4 надо поменять местами.

241. Четырехгранная головка болта и четырехгранная гайка прочнее, так как при затяжке болтов их грани меньше сминаются от давления гаечного ключа и допускают большие усилия затяжки. Но применять их в машиностроении неудобно вот почему: чтобы навинтить гаечным ключом четырехгранную гайку на болт, необходимо ключ поворачивать не менее чем на 90°, иначе вы не сможете захватить гайку ключом для следующего поворота (рис. 674). В строительном деле мы встречаемся с большими деталями (столбы, стойки, откосы и т. д.), позволяющими поворачивать гайки ключом на любой угол.

Но при монтаже машин и механизмов очень часто болты и гайки располагаются в таких местах, где невозможно повернуть гаечный ключ на 90°. В этих местах четырехгранную гайку завинтить ключом не удастся. Поэтому в машиностроении применяют шестигранные гайки и болты с шестигранной головкой. Они могут быть завернуты при повороте гаечного ключа всего на 60° (рис. 675, *а*), а если учесть, что ручка ключа повернута относительно головки на 30°, то шестигранную гайку можно будет завернуть, поворачивая ключ всего на 30° и переворачивая его для следующего захвата гайки, как показано на рисунке 675, *б*.

Дальнейшее увеличение числа граней гаек не дает ощутимого удобства для их завертывания, но приводит к уменьшению площади граней, делает углы между гранями более тупыми, а это уменьшает их прочность. Грани гаек будут сминаться от давления гаечного ключа.

242. Для удобства нарезания резьбы и простоты соединения и наращивания обычных водопроводных или газовых труб на их концах делают резьбу одинакового (правого) направления. Такую же резьбу делают и в муфте.

При соединении труб сначала на одну из них, с паклевым уплотнением, навертывают наполовину муфту, а затем в другую половину муфты ввертывают следующую трубу (рис. 676).

243. Шпилька должна иметь на обоих концах резьбу одинакового направления. Если же один конец шпильки будет иметь левую резьбу, а другой — правую, то при завертывании гайки шпилька будет вывинчиваться из гнезда.

244. Чтобы винт при вращении ввинчивался (или вывинчивался) одновременно в обе ножки кронциркуля, он должен с одной стороны иметь левую резьбу, а с другой — правую.

245. Эта деталь называется винтовой стяжкой. Ее вы можете увидеть на спортивной площадке — с ее помощью натягивают трос волейбольной сетки, оттяжки турника и т. д.

При вращении стяжки оба винта одновременно ввинчиваются или вывинчиваются, сокращая или увеличивая расстояние между своими головками. Это происходит потому, что левый болт имеет левую резьбу, а правый — правую. Соответствующим образом выполнена резьба и в отверстиях стяжки.

На рисунке 486 изображено четыре болта с правой резьбой и один — с левой. Ими можно укомплектовать только одну стяжку, отобрав из пяти болтов два: один с правой и один с левой резьбой.

246. ж) Заклепка ограничена поверхностями шара, тора, цилиндра и двумя плоскостями; электролампа — двумя поверхностями шара, одной поверхностью тора (кругового кольца), двумя цилиндрическими поверхностями, одной плоскостью, одной конической поверхностью и одной винтовой поверхностью.

247. Ручку —*7* различных поверхностей, пешку —*9*.

248. При вычерчивании окружности надо знать ее радиус, но в готовой детали проще замерять диаметр окружности. Кроме того, большинство отверстий получают путем сверления, а для этого надо знать диаметр сверла, а не его радиус.

249. Нет, не будет: размеры внутренних частей детали принято наносить отдельно от наружных даже в том случае, если их численные величины совпадают.

250. Рис. 677.

251. Рис. 678.

252. Рис. 679. (Пример решения.)

253. Рис. 680.

254. 1) Шкив клиноременной передачи; 2) шкив клиновой фрикционной передачи; 3) блок канатный; 4) ролик каретки, например некоторых чертежных машин, перемещаемый по трубе как по направляющей; 5) ролик трубогибочного станка; 6) колесо мостового или башенного крана; 7) звездочка цепной передачи (с гнездами для цепи, с помощью которой осуществляется подъем грузов, например в талях); 8) железнодорожное колесо; 9) цилиндрическое зубчатое колесо; 10) звездочка втулочно-роликовой цепной передачи; 11) колесо зубчатой цепной передачи (цепь имеет внутреннюю направляющую пластину, которая и входит в щель на зубьях); 12) червячное колесо; 13) звездочка; 14) модульная фреза (профиль ее зуба соответствует впадине нарезаемого ею зубчатого колеса); 15) долбяк — инструмент для нарезания цилиндрических зубчатых колес; 16) коническое зубчатое колесо; 17) колесо конической фрикционной передачи; 18) колесо вариатора; 19) шкив плоскоременной передачи; 20) шкив плоскоременной передачи некоторых сельскохозяйственных машин (фигурные вырезы на ободе предотвращают удерживание зерна на шкиве под ремнем); 21) шкив с двумя желобами (ручьями). Число последних может доходить до 12, а при тщательном изготовлении и монтаже и до 18 ручьев; 22) шкив клиновой фрикционной передачи с двумя кольцевыми выступами, которые входят в желоба сопрягаемого колеса; 23) звездочка для многорядной цепи; 24) барабан для намотки каната, 25) колесо ведущее монорельсового транспорта; 26) колесо моторного железнодорожного вагона; 27) звездочка трехступенчатой цепной передачи; 28) трехступенчатый шкив

клиноременной передачи; 29) трехступенчатый шкив плоскоременной передачи.

255. Если мы обратим внимание на усилия, действующие на спицы колеса, то заметим, что спицы, расположенные в верхней части колеса, работают на растяжение, а в нижней — на сжатие.

Именно так работают спицы большинства колес, в том числе и спицы колес сельскохозяйственной машины (рис. 508, *б*). Но колесо велосипеда должно быть, по возможности, более легким. Для этого спицы надо сделать очень тонкими, и они не смогут работать на сжатие — они будут изгибаться. Расположив спицы по касательной к ступице колеса, мы освобождаем нижние спицы от сжимающих усилий и заставляем все спицы колеса работать только на растяжение (рис. 681).

Раньше вагонные колеса отливались из чугуна, и для уменьшения веса и расхода металла у них ступица соединялась с ободом при помощи спиц.

Но теперь эти колеса изготовляют более совершенным способом: их получают из стали путем прокатки на специальных прокатных станах. На таком стане сделать спицы у колес нельзя, и их заменили тонким сплошным диском. Стальные катаные колеса значительно прочнее и легче чугунных.

256. При нечетном числе спицы не лежат на одном диаметре, что дает возможность колесу (маховику) при остывании после отливки сокращаться в результате термоусадки, не вызывая трещин в ступице и ободе.

257. Колесо сидит на валу на шпонке (от проворачивания) и дополнительно крепится кольцом со штифтом от перемещения вдоль вала.

258. 1) Глухая посадка колеса на вал с натягом (сечение вала при этом не ослабляется какими-либо вырезами, являющимися также источниками концентрации так называемых местных напряжений); 2) шпоночное соединение; 3) соединение винтом в торец; 4) соединение штифтом; 5) соединение шлицами в виде мелких зубьев, выполняемыми заодно с валом; 6) соединение на лыске; 7) квадрат; 8) многошлицевое соединение, допускающее также перемещение колеса вдоль вала при передаче движения.

Их схем *1...8* хорошо видны преимущества и недостатки каждого соединения, и их возможности для передачи величины крутящих моментов.

259. 1) Фасонная фреза; служит для обработки деталей на металлорежущих станках. Одним из видов фасонных фрез является модульная фреза, применяемая для нарезки зубчатых колес.

2) Звездочка для цепных передач; используется в велосипедах, сельскохозяйственных и других машинах.

3) Храповое колесо; препятствует обратному вращению валов в лебедках, пружинных механизмах и т. д. (рис. 682, *а*).

4) Храповое колесо другой конструкции; применяется в домкратах и служит для преобразования колебательного движения рукоятки во вращательное движение винта или гайки домкрата рис. 682, *б*).

5) Зубчатое колесо; широко применяется для передачи вращательного движения.

6) Дисковая пила; применяется для распиловки дерева и металла (рис. 683).

7) Шевер; отделочный зуборезный инструмент.

8) Цевочное колесо; в стенных часах и будильниках применяются зацепления, в которых большее колесо является зубчатым, а соединенное с ним малое колесо состоит из ряда стержней, закрепленных концах в обоймах. Такое зацепление носит название цевочного зацепления, а зубчатое колесо — цевочного колеса.

9) Спусковое колесо часового механизма.

260. Допуски следующие. 1) 0,3; 2) 0,2; 3) 0,6; 4) 0,4 (в миллиметрах).

261. Валик не годен; наибольший размер у него может быть 31,97 мм, наименьший —31,9 мм.

262. На размер 16 мм допуск 1,4 мм, на размер 32 мм —0,34 мм. Боковые грани гайки должны иметь шероховатость, у которой микронеровности составляют не более 40 микрометров.

263. Правая, ее проще выпилить.

264. Слева. Пробку не нужно тщательно подгонять к отверстию.

265. Увеличивая отверстие в средней части, мы избавляемся от трудоемкой работы по тщательной обработке всего отверстия, ограничиваясь обработкой только концевых частей. Кроме того, вставляемый в отверстие предмет приобретает большую устойчивость.

266. Чтобы поверхность имела после обработки указанную шероховатость, ее нужно шлифовать. На валике справа мы видим небольшой выступ, который обеспечивает проход шлифовального круга по всей поверхности.

267. Впадина и выступ на брусьях имеют разные направления. Единый брус не получится.

268. Крышка — справа; две выкружки на ней сделаны, чтобы удобнее было ее снимать.

269. Видимой на рисунке 528 справа заклепки не должно быть, так как внутри в этом месте размещается запирающий элемент.

270. Ключ в такой замок можно вставить лишь с одной передней стороны. С другой стороны замка ключ вставить нельзя, так как этому препятствует неправильно сделанный выступ на задней планке замка. Выступ можно сделать на противоположной стороне отверстия. Можно поступить и так: пропилить еще один паз на бороздке ключа (с обратной стороны).

271. Рис. 684.

272. Обычно краны устанавливают над раковиной вплотную к стене. Изображенный в задаче кран вплотную к стене установить нельзя: ручка крана не сможет поворачиваться на полный оборот. Правая часть корпуса крана должна быть длиннее (рис. 685).

273. Рис. 686.

274. Три детали.

275. Рис. 687.

276. Рис. 688.

277. Рис. 689.

278. Рис. 690.

279. Рис. 691.

280. Рис. 692. Верхние ряды *1...24* даны с разрезом в «свободном исполнении»; ниже — вынесены (повторены) позиции *2, 3, 5, 16, 17* и *18* с целью показать, как разрезы должны быть выполнены на чертежах.

281. Рис. 693. Показан корпус *1* и входящие в него детали: втулка *2* и ось *3*.

282. 1) Затыльник; 2) серьга; 3) муфта; 4) барабан; 5) коромысло.

283. 1) Шпиндель — вал, передающий рабочее движение в станках и механизмах. На токарных станках на шпинделе устанавливается патрон для закрепления обрабатываемых деталей; в сверлильных станках в шпиндель вставляется конус для закрепления сверла.

На рисунке 545 изображен шпиндель водопроводного крана, с помощью которого перемещается клапан, регулирующий расход воды.

2) Штифт — крепежная деталь, представляющая собой цилиндрический или конический стержень. Широко применяется для крепления различных свободно установленных деталей на осях и валах, а также для крепления осей и валиков в деталях (рис. 694, *а*).

3) Шплинт — деталь, применяемая для крепления различных свободно установленных деталей на осях и валах, а также для крепления осей и валиков в деталях (рис. 694, *б*). В отличие от штифтов шплинт обычно не несет рабочей нагрузки и не препятствует вращению деталей

относительно вала, а только ограничивает их перемещение вдоль вала. Часто устанавливается в болтах для предотвращения самоотвинчивания гаек.

Для удобства разведения концов шплинта при установке один из них делается короче другого.

4) Шкив — колесо для ременных передач. Для создания усилий, удерживающих ремень от сползания, поверхность шкивов делается несколько выпуклой.

5) Шестерня — зубчатое колесо, служащее для передачи движения.

6) Шуруп — винт для крепления деталей к дереву.

7) Шпилька — цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах. Применяется для соединения деталей в тех случаях, когда на одной из них нельзя или нецелесообразно делать сквозное отверстие для болта (рис. 545).

8) Штырь — цилиндрический стержень с ручкой. Употребляется для крепления в определенном положении откидных или поворотных элементов (рис. 695).

9) Шпонка — деталь, служащая для крепления различных частей деталей на валах и осях. В отличие от штифта позволяет передавать значительно большие усилия. Существуют различные типы шпонок: клиновые, призматические, тангенциальные, сегментные, фрикционные, круглые.

На рисунке 545 изображена сегментная шпонка. На рисунке 696 показан пример крепления зубчатого колеса на валу с помощью такой шпонки.

10) Шаблон — приспособление, позволяющее производить разметку материала и обработку детали, когда ее форма не разрешает передать размеры линейными мерами. Кроме того, шаблон часто применяют при проверке правильности изготовления детали (рис. 697).

11) Шлицы — продольные канавки на валу. С помощью шлицевых соединений закрепляют колеса на валах или соединяют валы (рис. 698). Такие соединения обеспечивают точное центрирование деталей на валу и позволяют передавать усилия значительно большие, чем шпоночные соединения.

12) Шабер — инструмент для обработки металлических деталей скоблением. Применяется для притирки различных поверхностей.

13) Штуцер — короткий отрезок трубы с одинаковой или разной резьбой на обоих концах и граненым утолщением в середине для захвата ключом при завинчивании. Служит для соединения трубопроводов различного диаметра, подсоединения гибкого шланга и т. д.

14) Шип (или цапфа) — конечная часть вала, вставляемая в отверстие. От него произошло название «подшипник».

15) Шатун — деталь, применяемая в механизмах, преобразующих возвратно-поступательное движение во вращательное, например в паровых машинах и двигателях внутреннего сгорания.

16) Шайба — деталь, служащая для предотвращения самоотвинчивания гаек и винтов. Кроме изображенной на рисунке разрезной шайбы, применяются обычные кольцевые шайбы, предохраняющие поверхность детали от повреждений при завинчивании гайки.

17) Шток — цилиндрический стержень, соединяющий поршень с ползуном в паровой машине.

18) Швеллер — металлическая балка специального профиля, обладающая при малом весе большим сопротивлением изгибающим усилиям. Широко применяется в машиностроении и строительном деле.

19) Штурвал — колесо с ручками для вращения. Применяется на кораблях, комбайнах и других машинах для рулевого управления, а также в станках для перемещения, например, суппорта, сверла и т. д.

20) Штангенциркуль — измерительный инструмент, служащий для точных измерений деталей.

21) Штамп — приспособление для изготовления или обработки металлических изделий под давлением. На рисунке 545 изображён вырубной штамп для вырубки деталей (колец) из листового металла. Существуют и другие виды штампов, например гибочные, ковочные и т. д.

284. 1) Бурт и к — кольцевое утолщение на цилиндрической детали, служащее либо для усиления концевой части детали, либо для фиксации детали в определенном положении.

2) Галтель (переходная поверхность) — переходное закругление от одной поверхности детали к другой. Благодаря галтели повышается прочность детали.

3) Паз — углубление, ограниченное с боков параллельными поверхностями.

4) Скос — косой срез у детали. Часто вводится для устранения острых углов в листах, плитах, балках.

5) Проточка — кольцевая канавка на круглой детали.

6) Фаска снимается на концах валиков, болтов и других цилиндрических деталей для того, чтобы облегчить надевание одних деталей на другие.

7) Лыска — плоская часть вала, параллельна его оси. Служит местом для постановки шпонки, для захвата гаечным ключом и др.

8) Ребро — пластинчатый выступ, связывающий отдельные элементы детали с целью придания большей прочности. Ребра вводят также для увеличения наружной поверхности детали и, следовательно, улучшения теплопередачи. Например, на цилиндрах двигателей внутреннего сгорания с воздушным охлаждением, на трубах холодильных и отопительных установок.

9) Бобышка — прилив на литой детали. Выполняется в местах установки крепежных болтов и винтов. Бобышка дает возможность получить ровную поверхность для опорных частей головок крепежных деталей. Бобышки утяжеляют детали и, например, в авиационных деталях не применяются. Там выфрезировывают вокруг отверстий углубления.

10) Гофр — кольцевые выступы, придающие тонким деталям необходимую жесткость.

11) Ласточкин хвост — направляющие, служат для придания определенного направления перемещающимся деталям — ползунам, кареткам, столам.

12) Торец — от слова «торчать», ставить стоймя. Отсюда термины: торцовый ключ, торцовая мостовая и т. д.

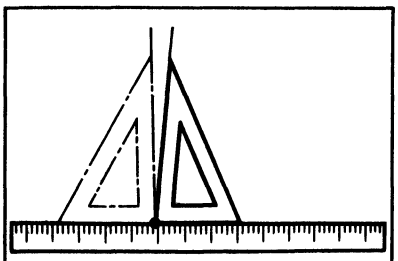


Рис. 547

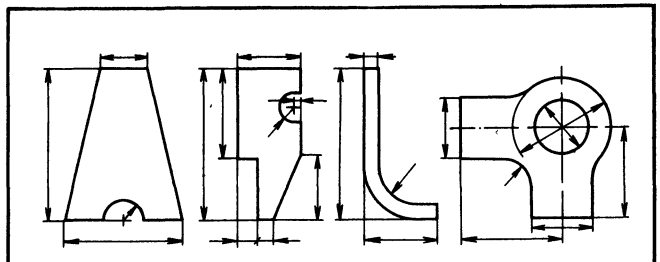


Рис. 548

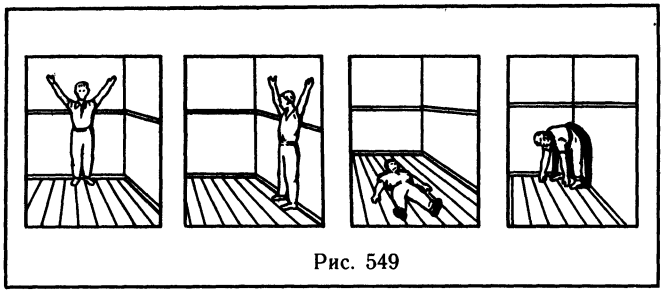


Рис. 549

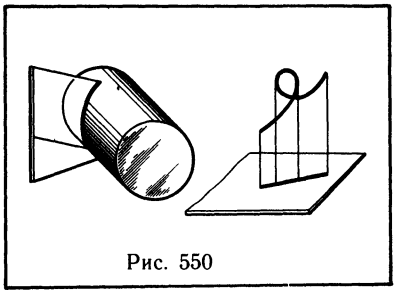


Рис. 550

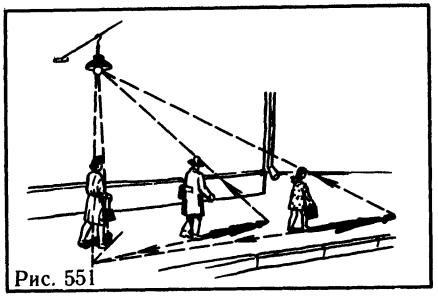


Рис. 551

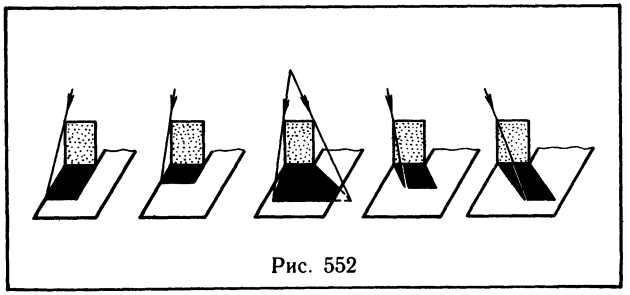


Рис. 552

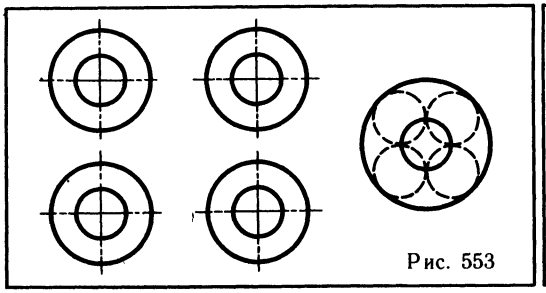


Рис. 553

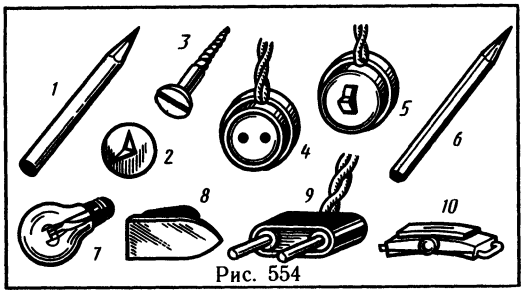


Рис. 554

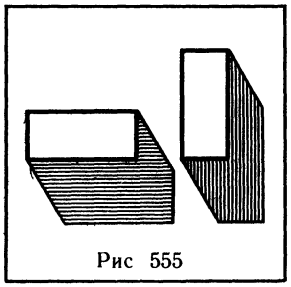


Рис 555

Рис. 556

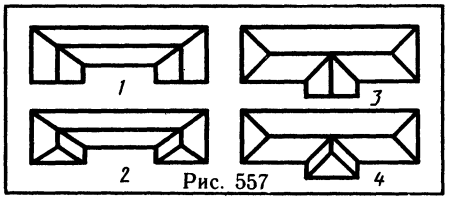


Рис. 557

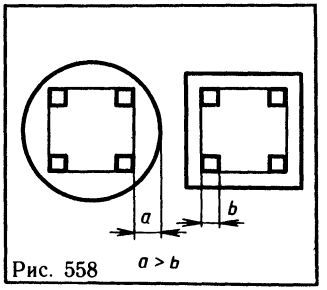


Рис. 558

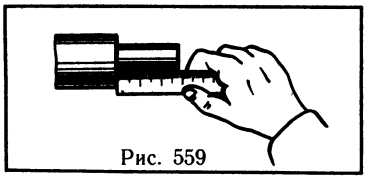


Рис. 559

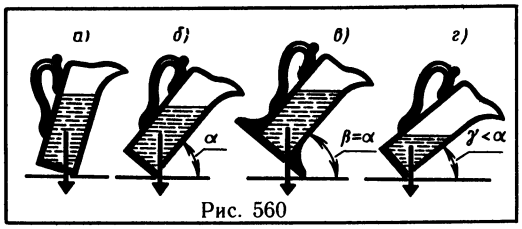


Рис. 560

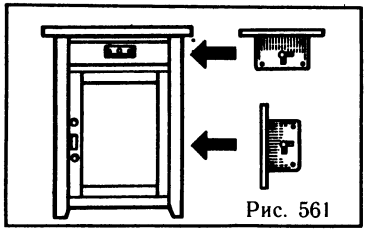


Рис. 561

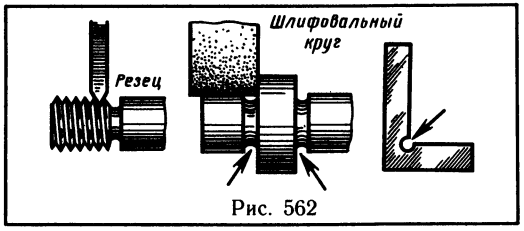


Рис. 562

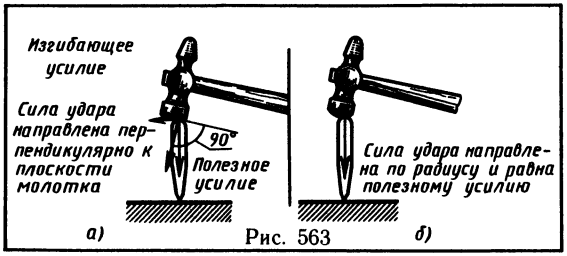


Рис. 563

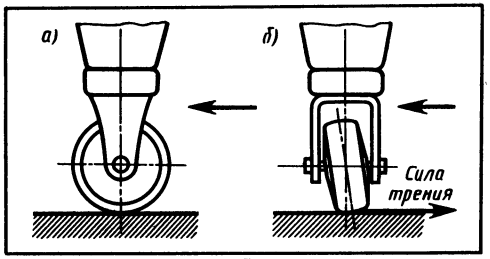


Рис. 564

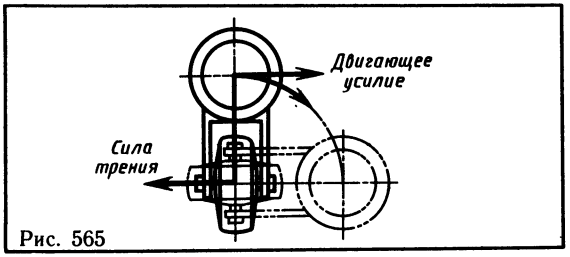


Рис. 565

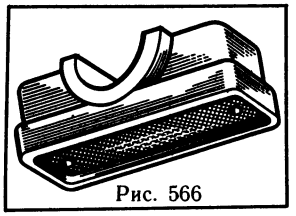


Рис. 566

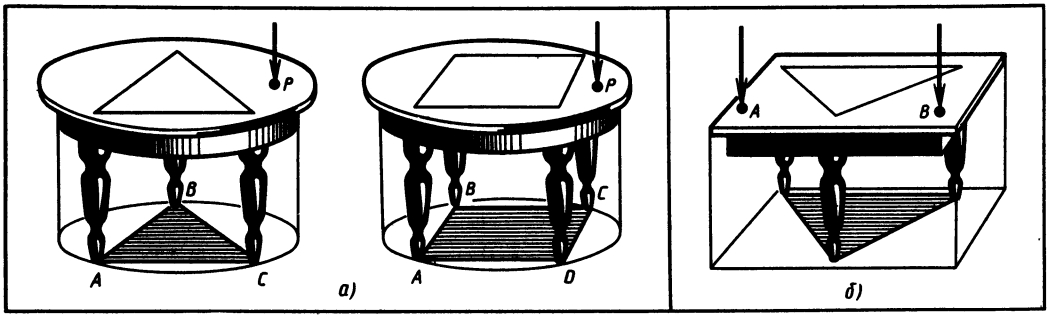


Рис. 567

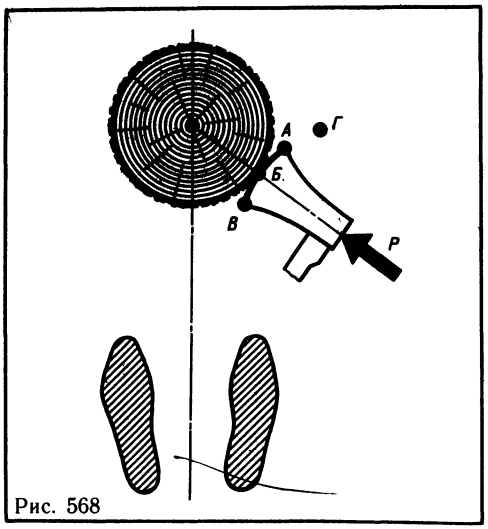


Рис. 568

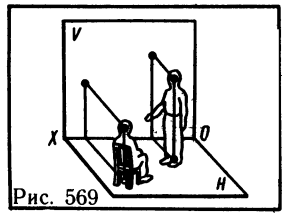


Рис. 569

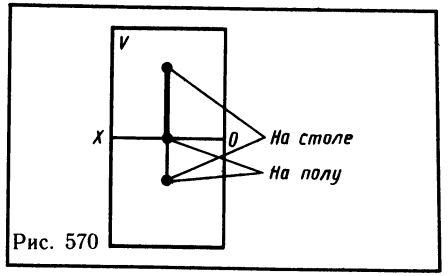


Рис. 570

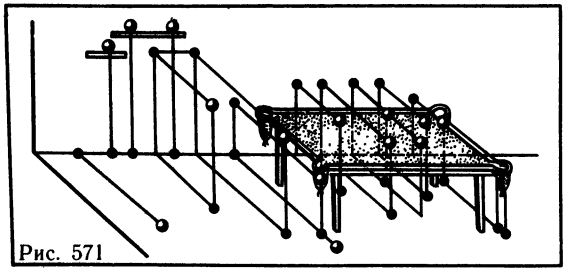


Рис. 571

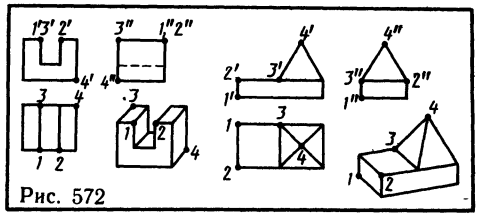


Рис. 572

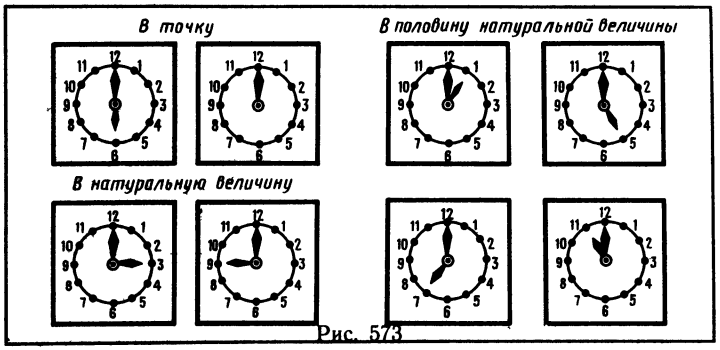


Рис. 573

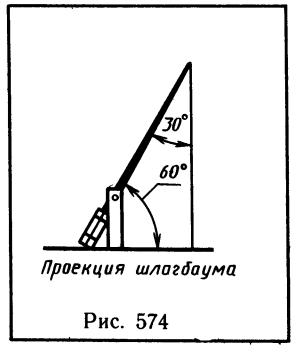


Рис. 574

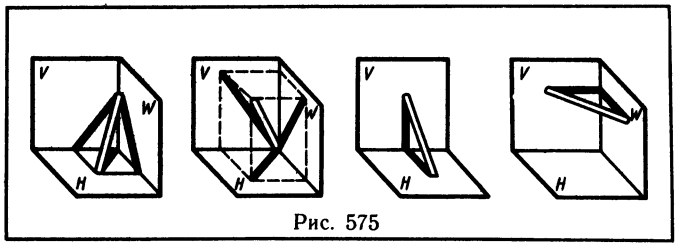


Рис. 575

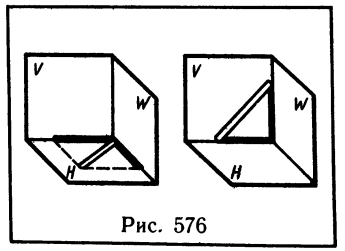


Рис. 576

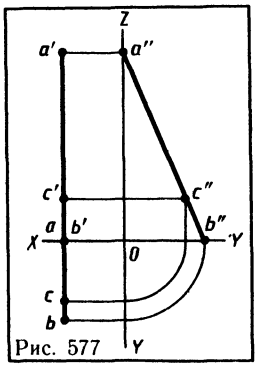


Рис. 577

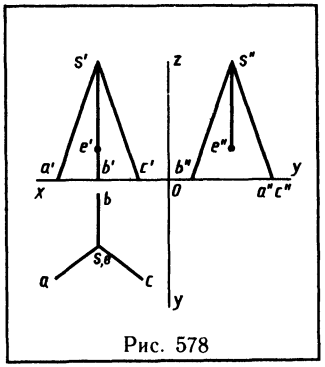


Рис. 578

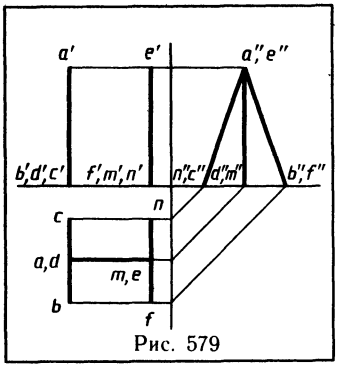


Рис. 579

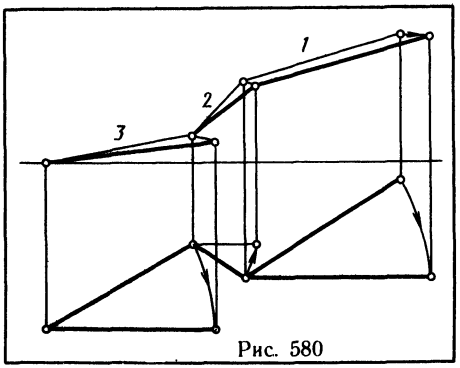


Рис. 580

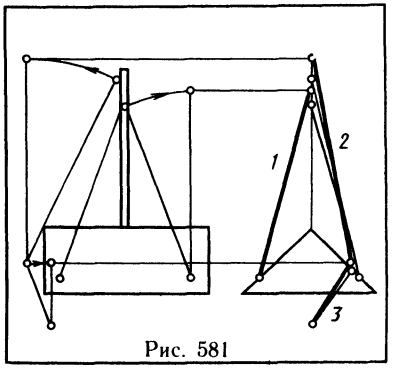


Рис. 581

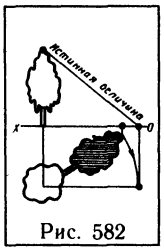


Рис. 582

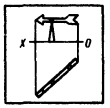


Рис. 583

Рис. 584

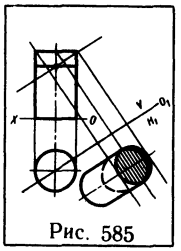


Рис. 585

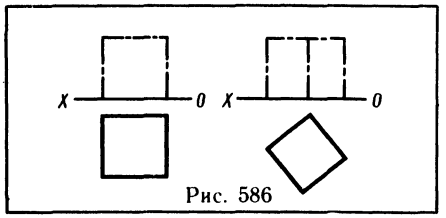


Рис. 586

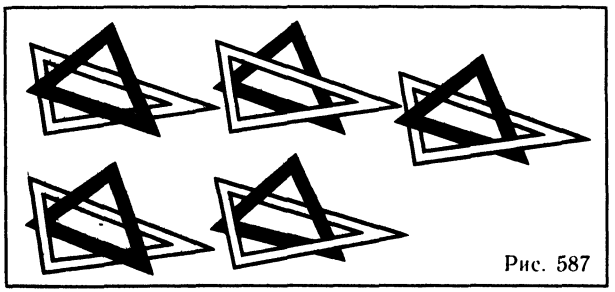


Рис. 587

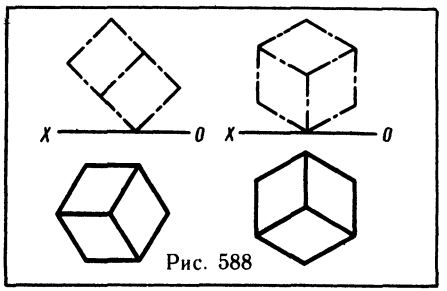


Рис. 588

Рис. 589

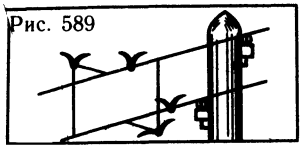
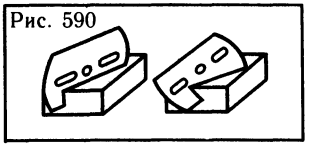


Рис. 590



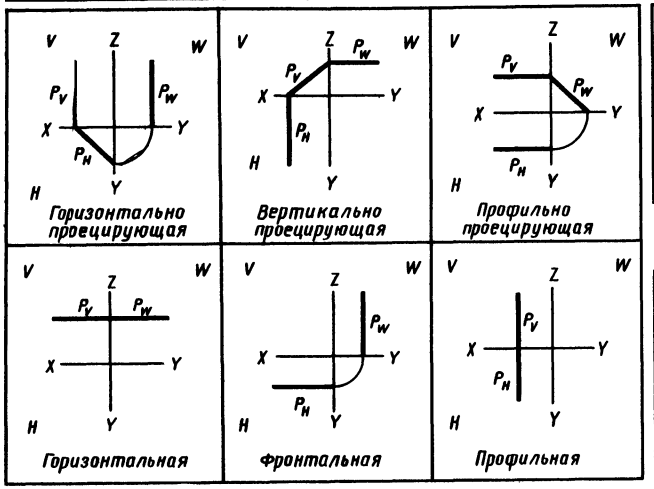


Рис. 591

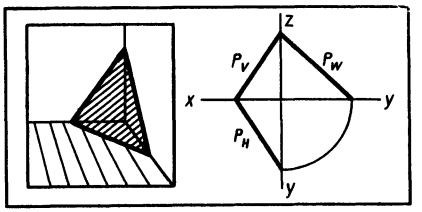


Рис. 592

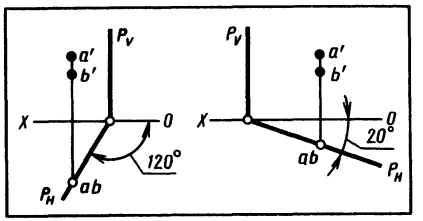


Рис. 593

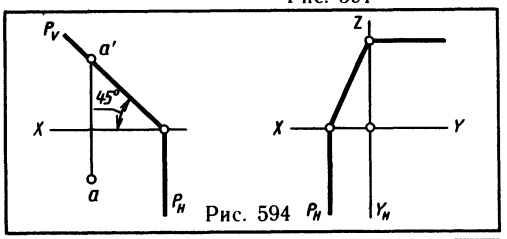


Рис. 594

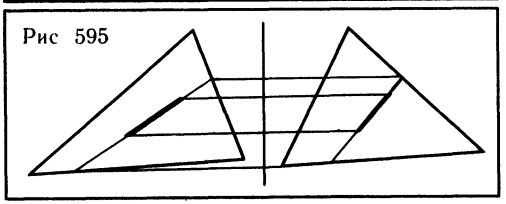


Рис 595

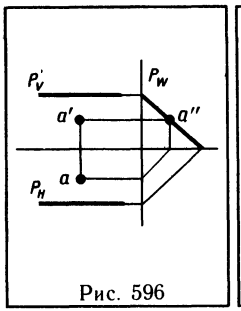


Рис. 596

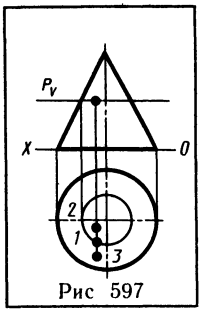


Рис 597

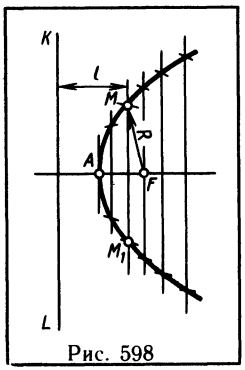


Рис. 598

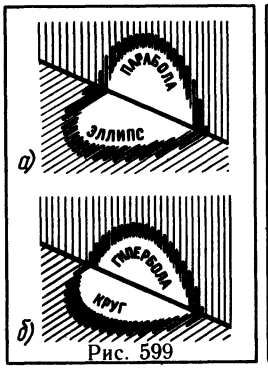


Рис. 599

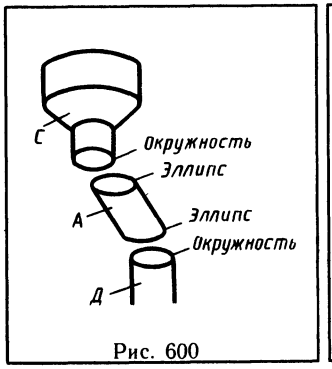


Рис. 600

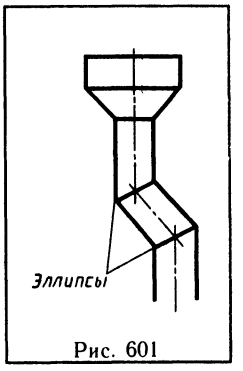


Рис. 601

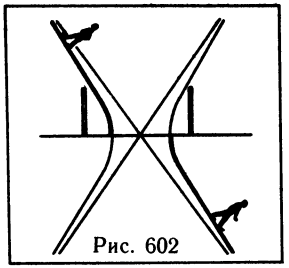


Рис. 602

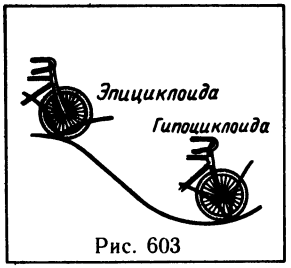


Рис. 603

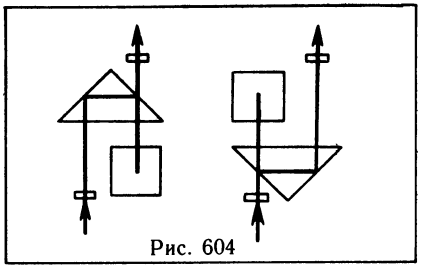


Рис. 604

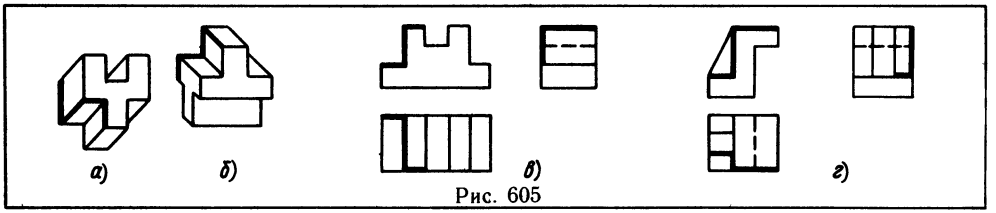


Рис. 605

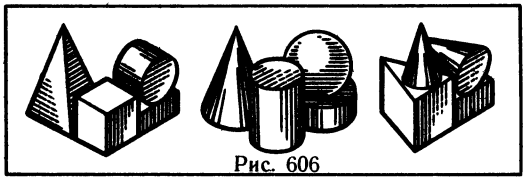


Рис. 606

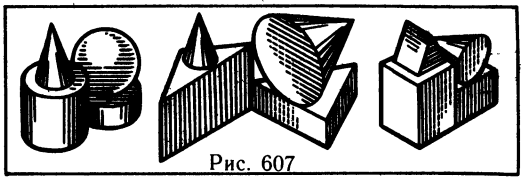


Рис. 607

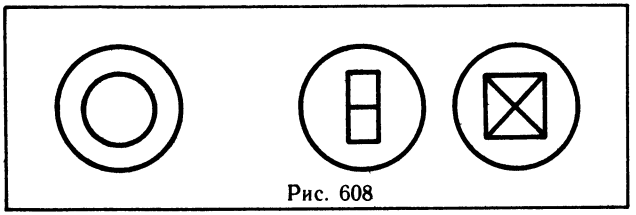


Рис. 608

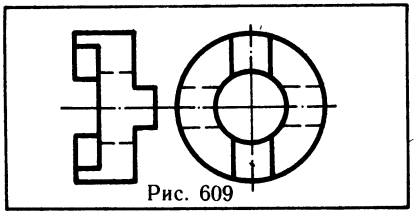


Рис. 609

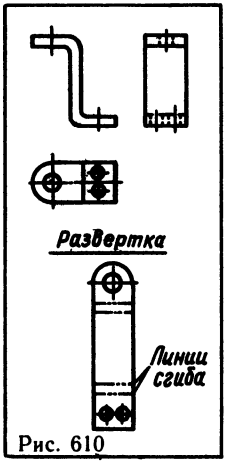


Рис. 610

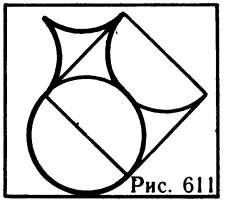


Рис. 611

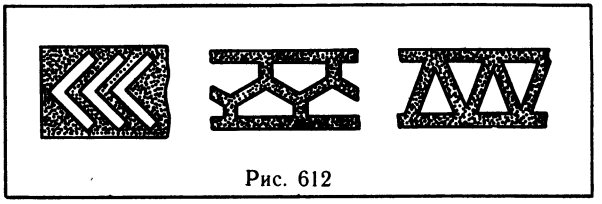


Рис. 612

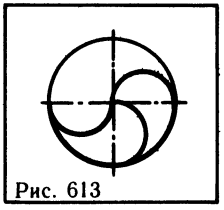


Рис. 613

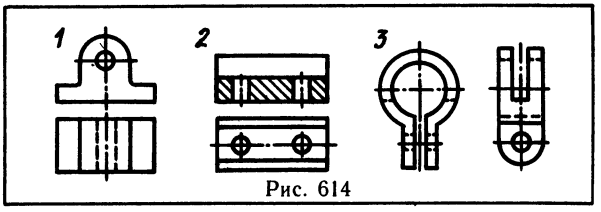


Рис. 614

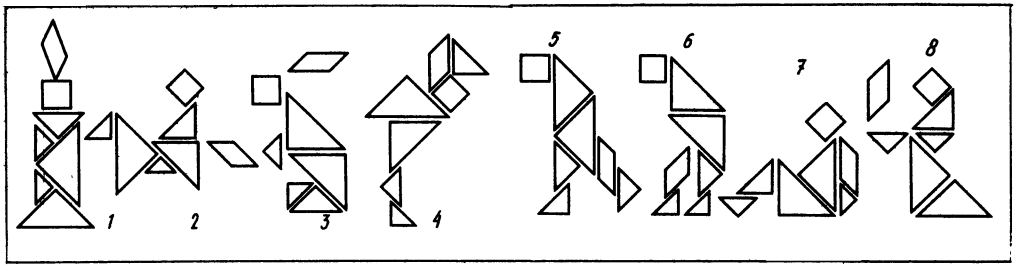


Рис. 615

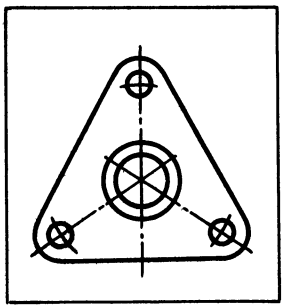


Рис. 616

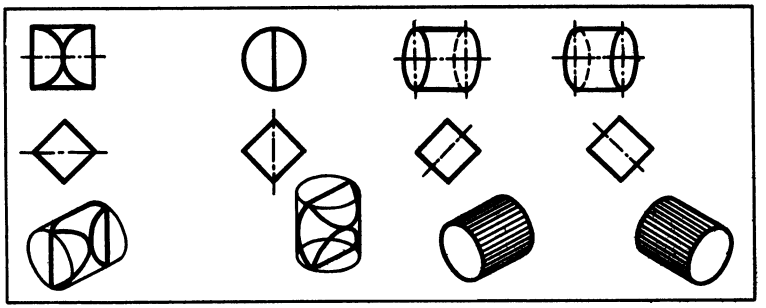


Рис. 617

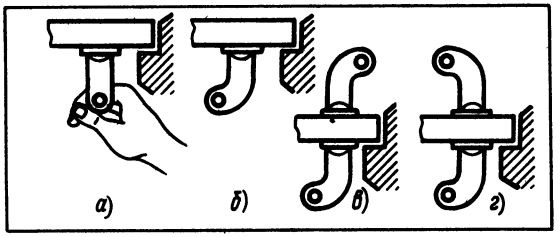


Рис. 618

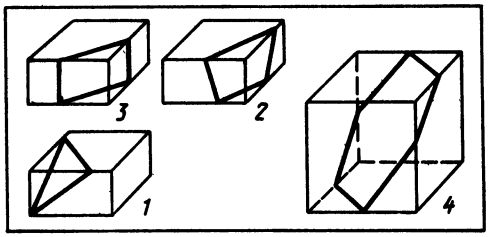


Рис. 619

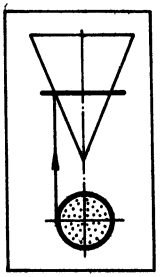


Рис. 620

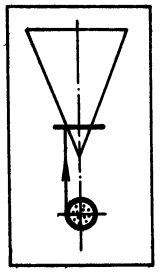


Рис. 621

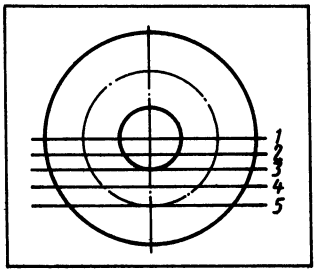


Рис. 622

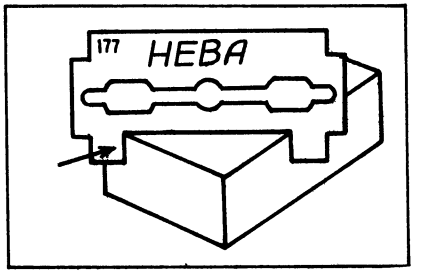


Рис. 623

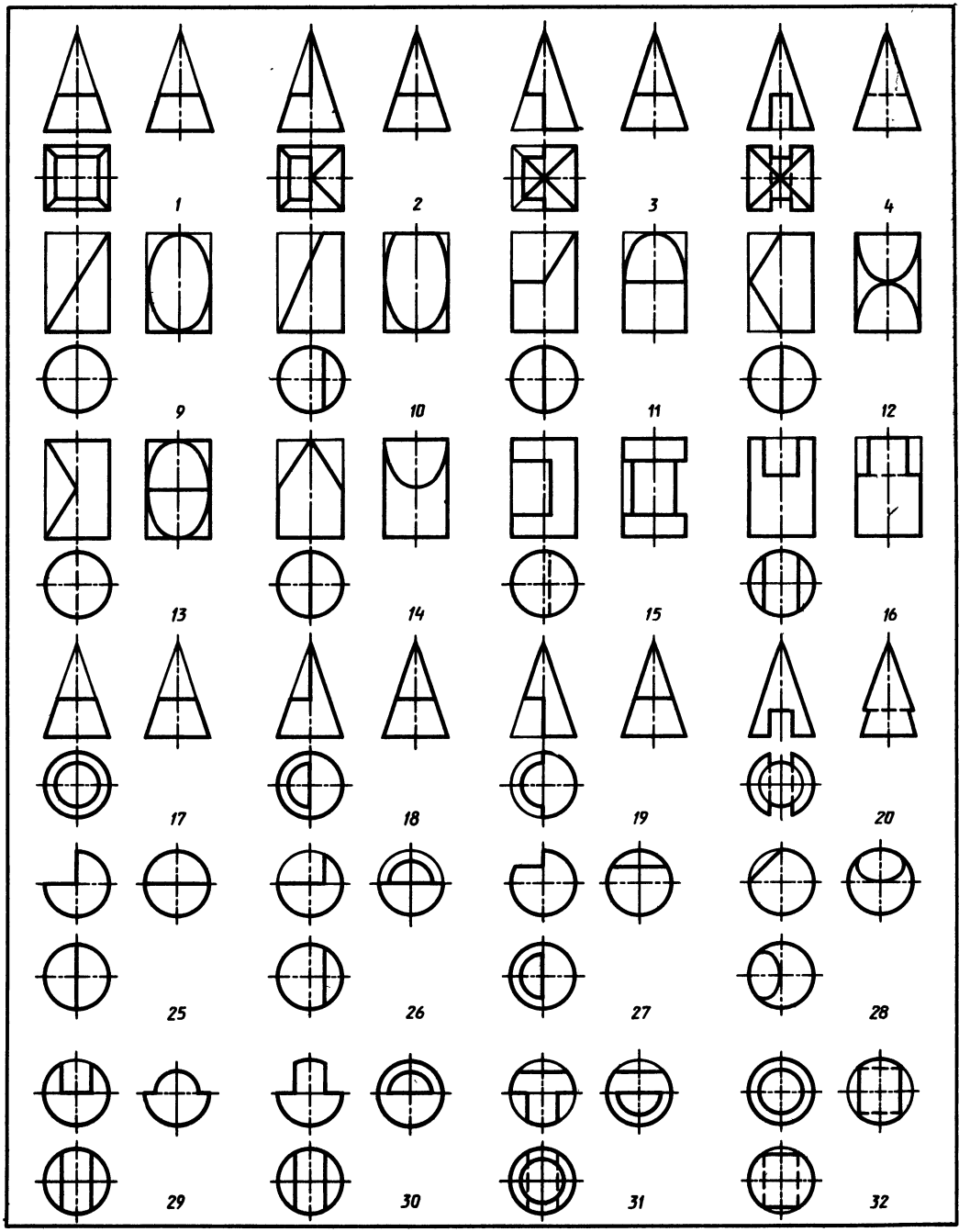


Рис. 624

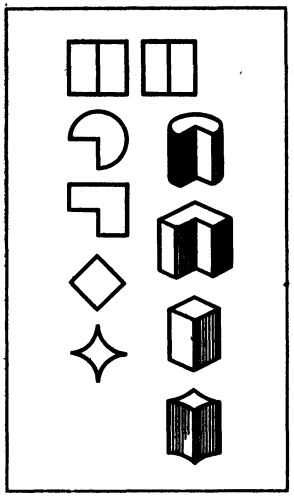


Рис. 625

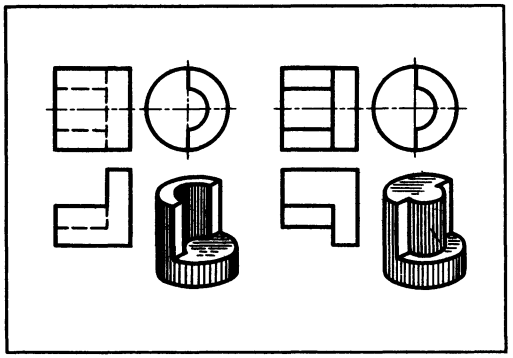


Рис. 626

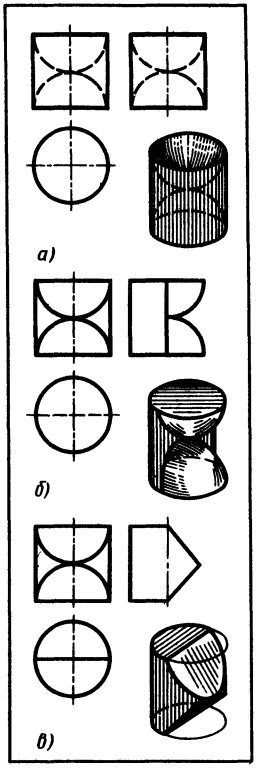


Рис. 629

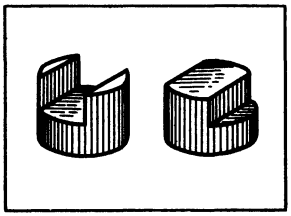


Рис. 627

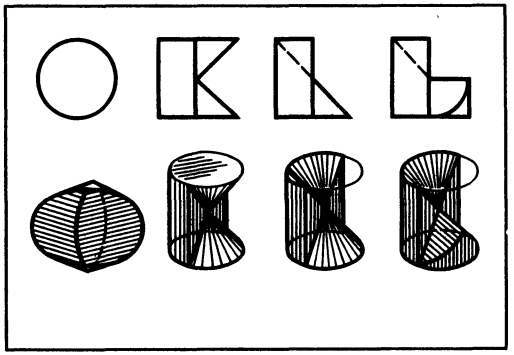


Рис. 628

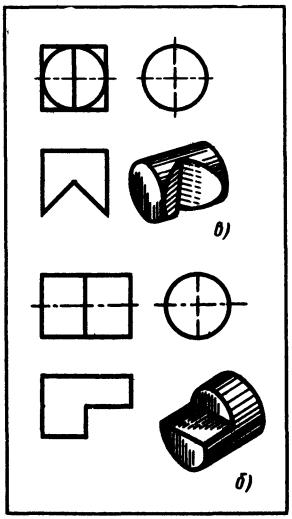


Рис. 630

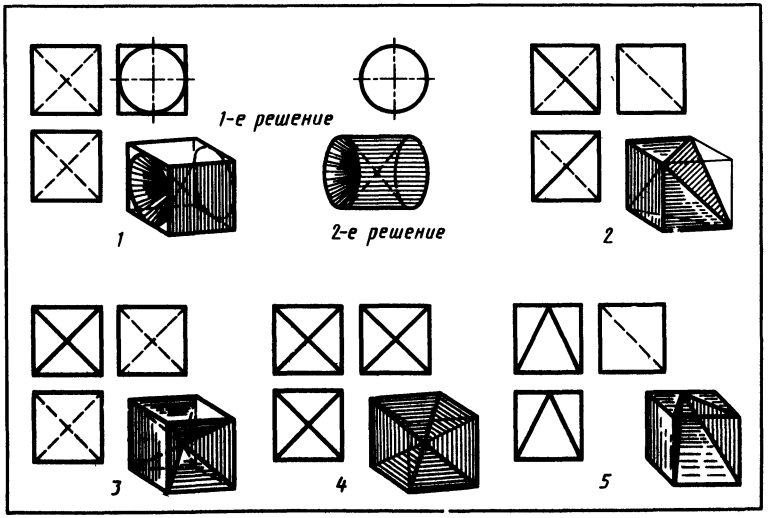


Рис. 631

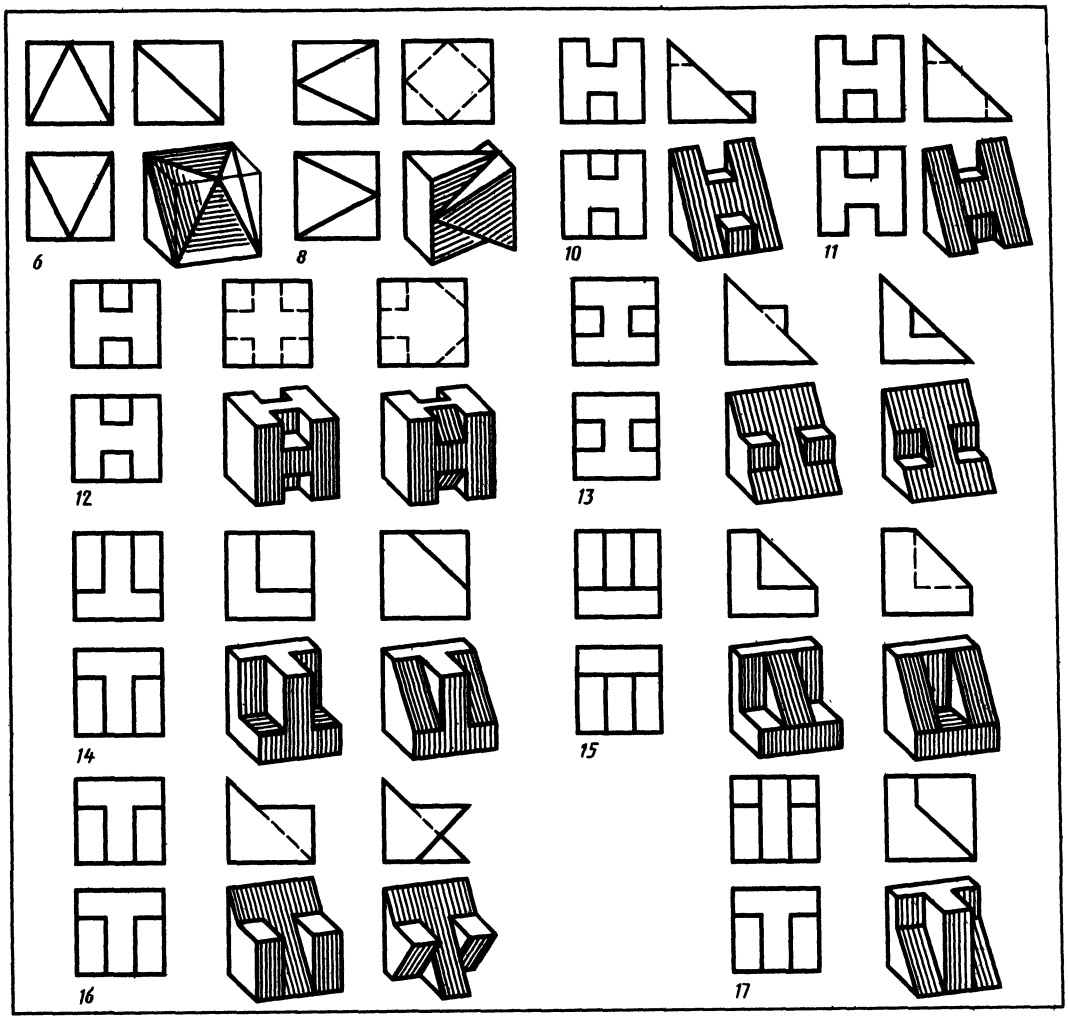
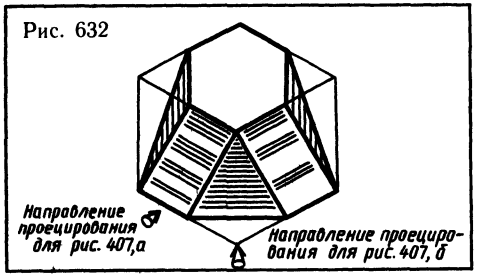


Рис. 631 (продолжение)

Рис. 632



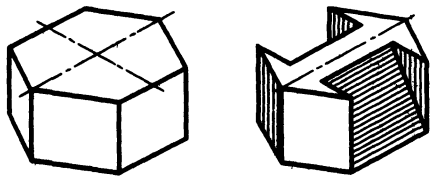


Рис. 633

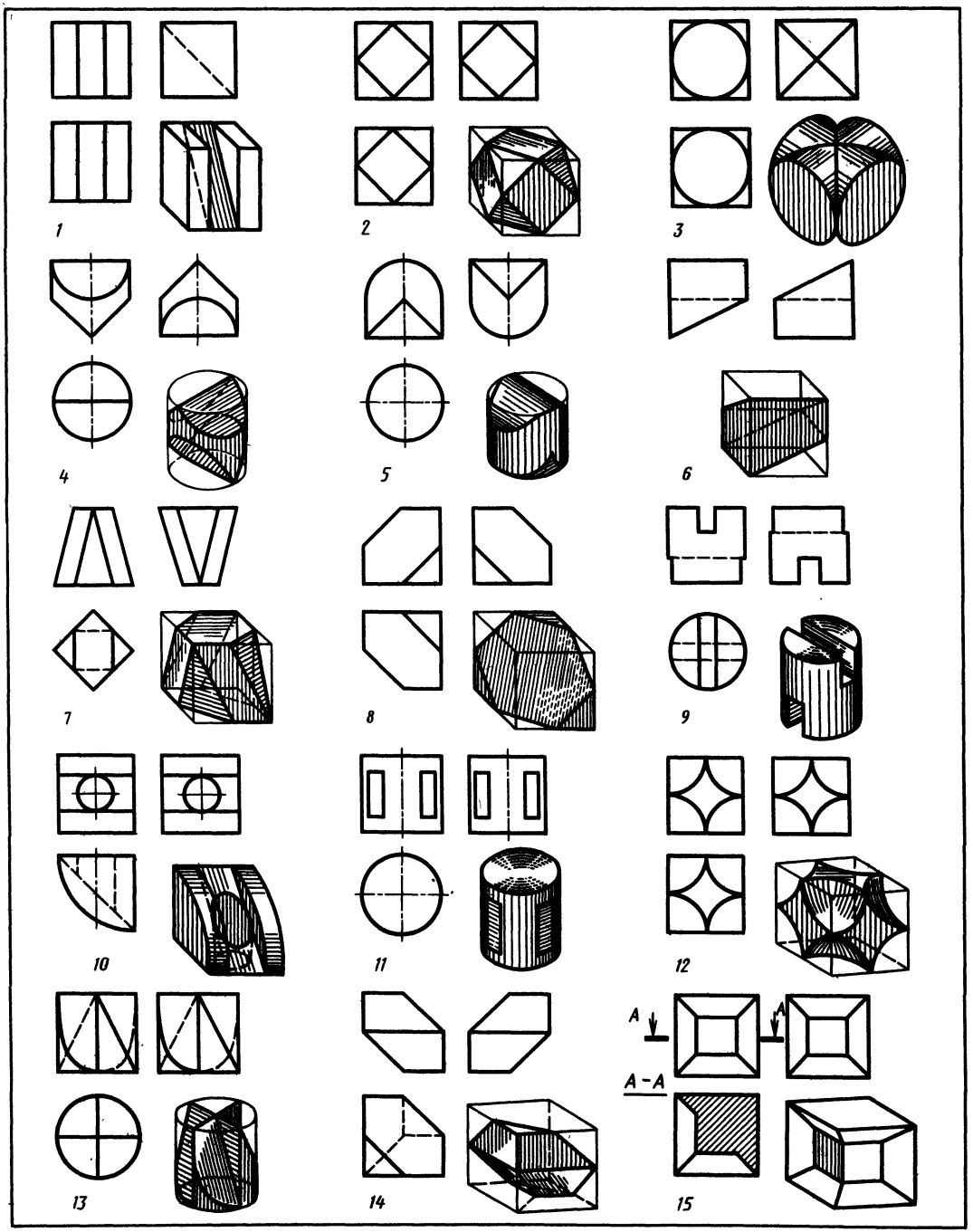


Рис. 634

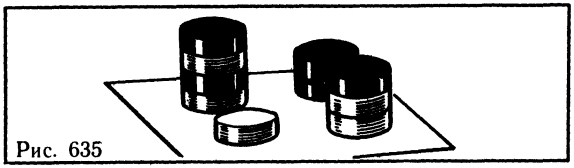


Рис. 635

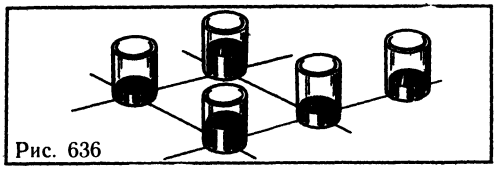


Рис. 636

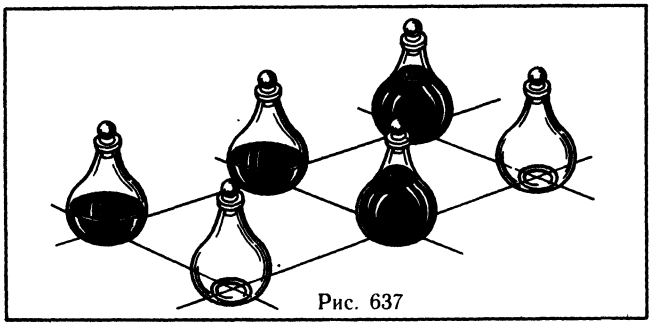


Рис. 637

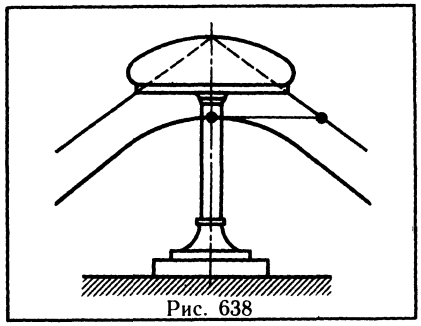


Рис. 638

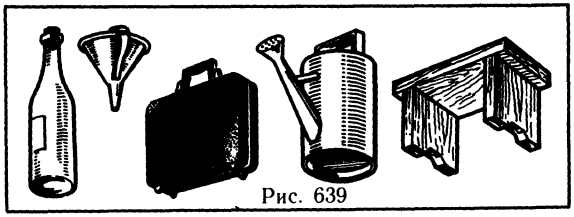


Рис. 639

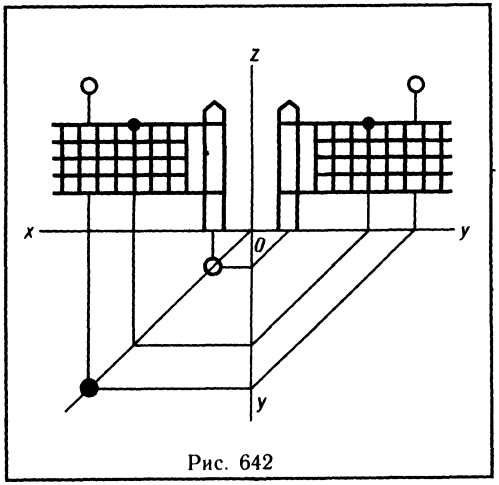


Рис. 642

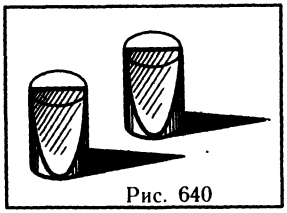


Рис. 640

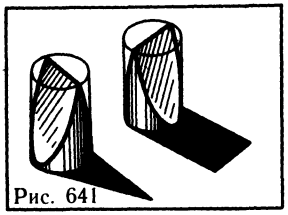


Рис. 641

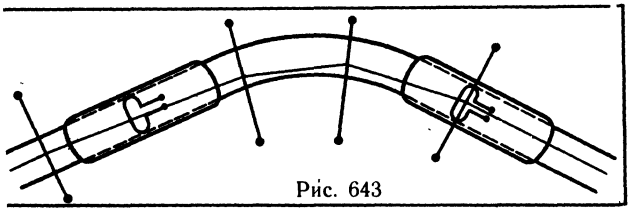


Рис. 643

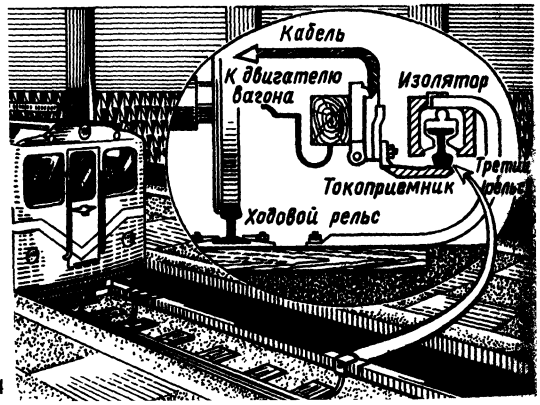


Рис. 644

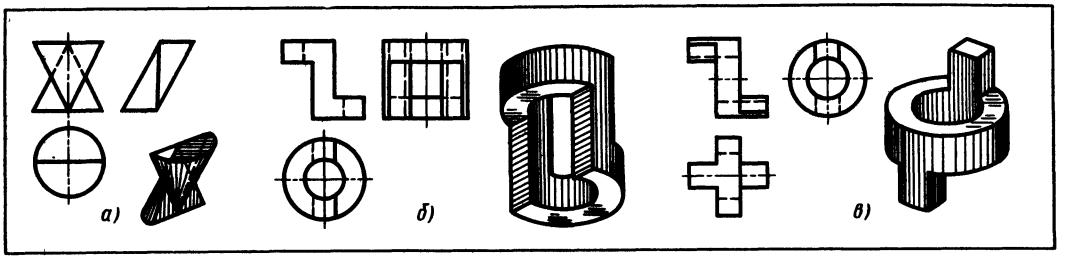


Рис. 645

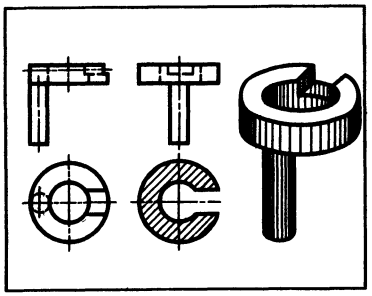


Рис. 646

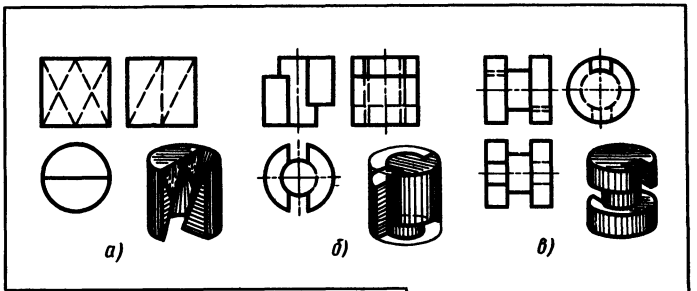


Рис. 647

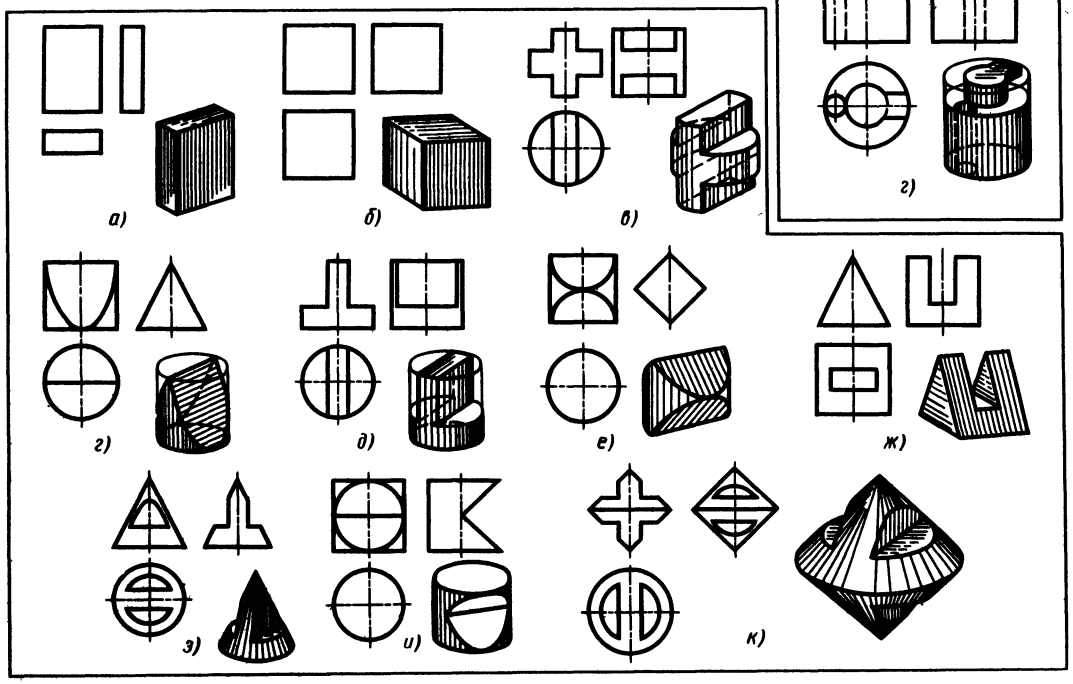


Рис. 648

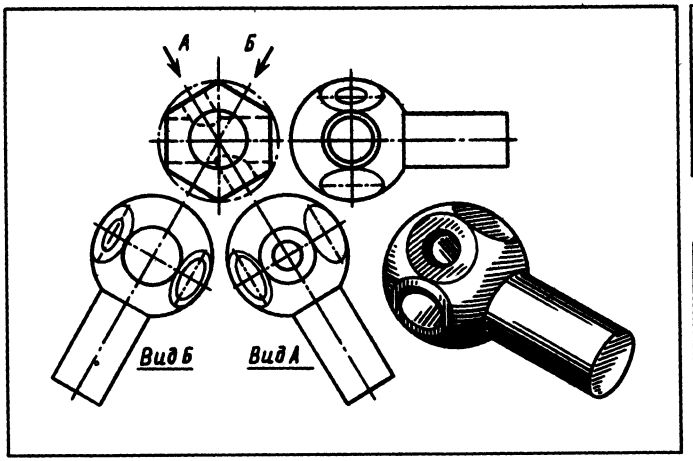


Рис. 649

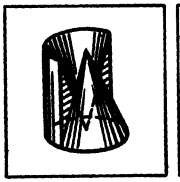


Рис. 650

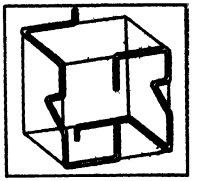


Рис. 651

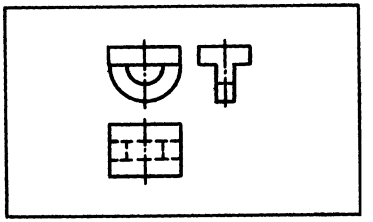


Рис. 652

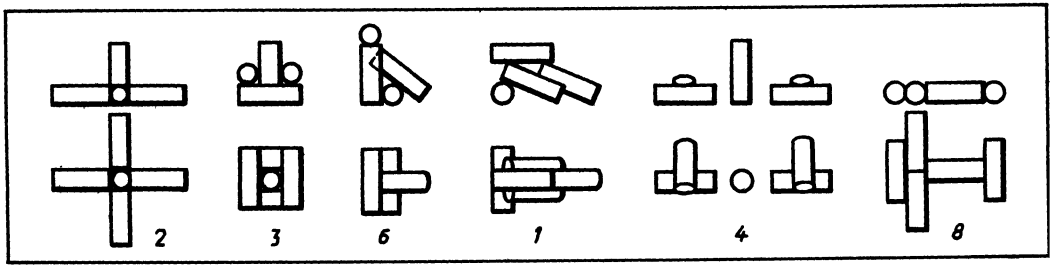


Рис. 653

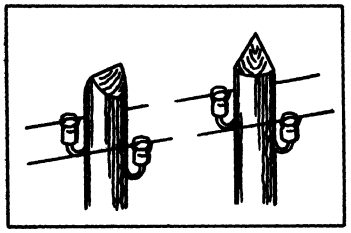


Рис. 654

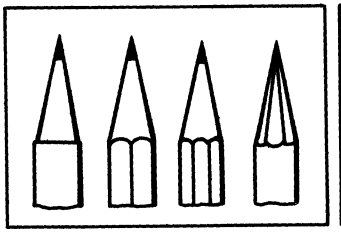


Рис. 655

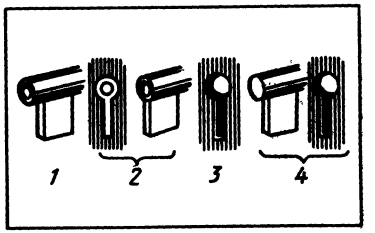


Рис. 656

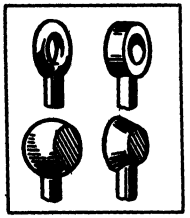


Рис. 657

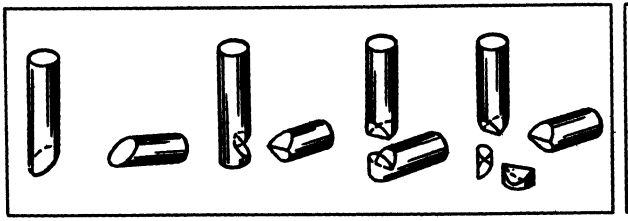


Рис. 658

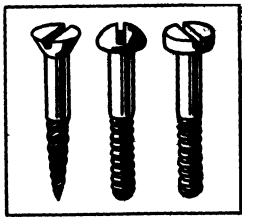


Рис. 659

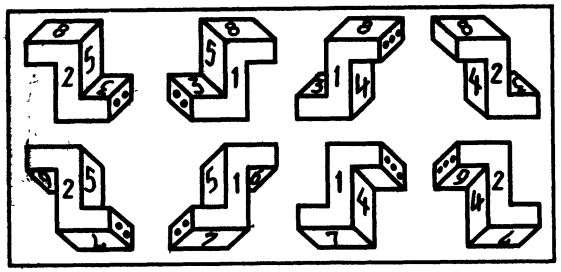


Рис. 660

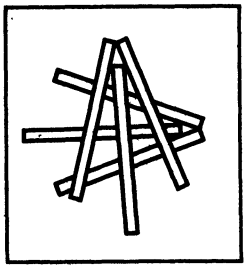


Рис. 661

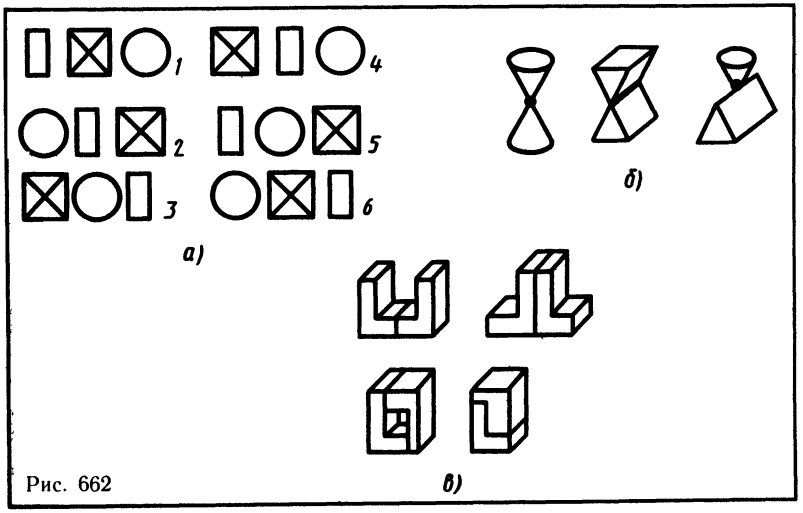


Рис. 662

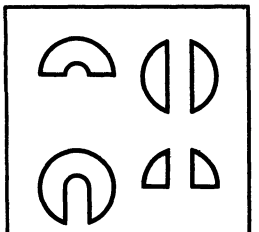


Рис. 663

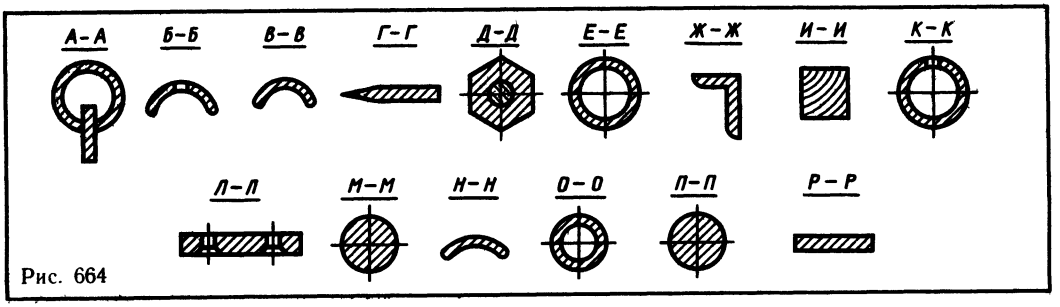


Рис. 664

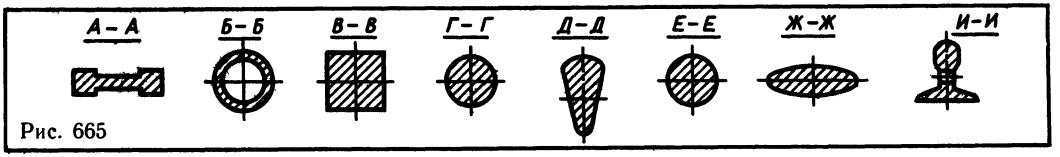


Рис. 665

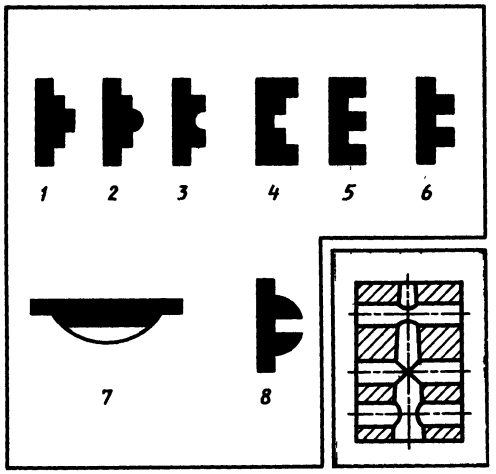


Рис. 666

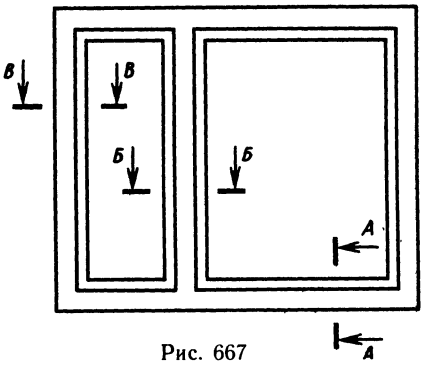


Рис. 667

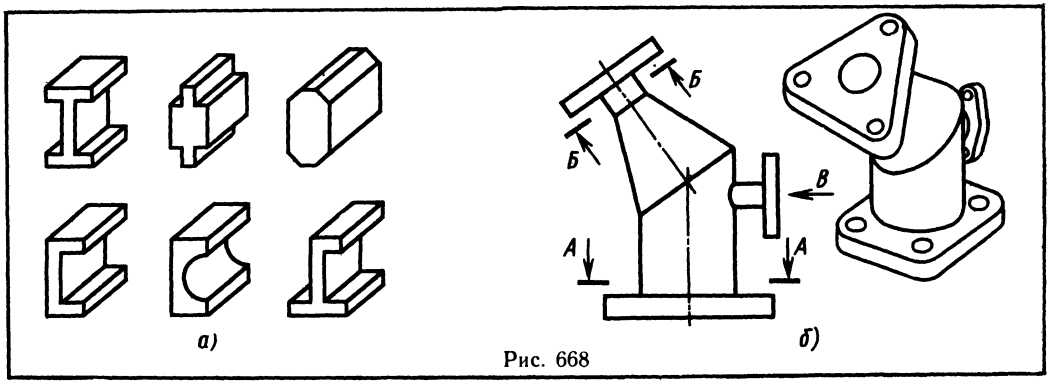


Рис. 668

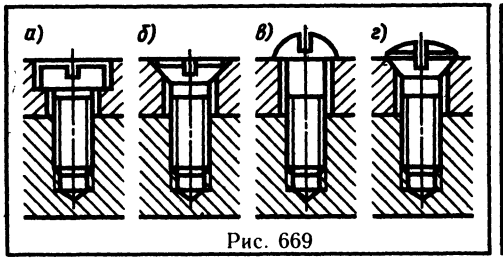


Рис. 669

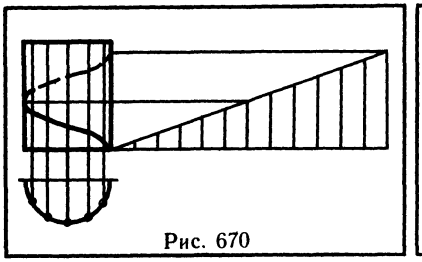


Рис. 670

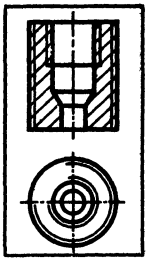


Рис. 671

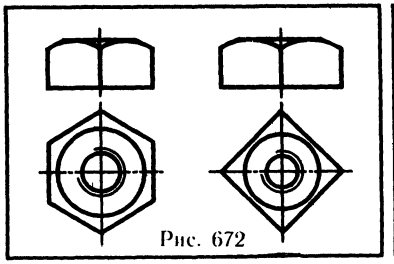


Рис. 672

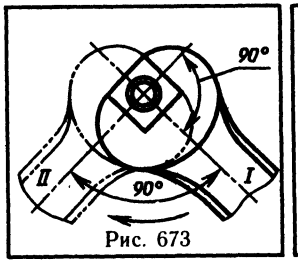


Рис. 673

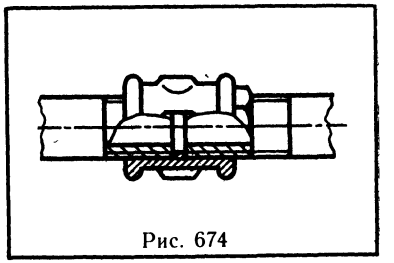
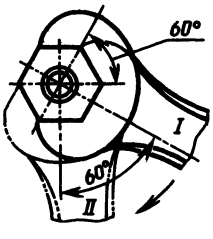
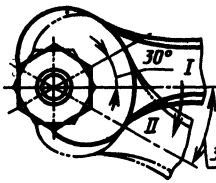


Рис. 674

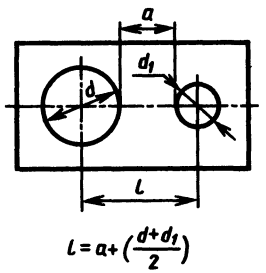


а)



б)

Рис. 675



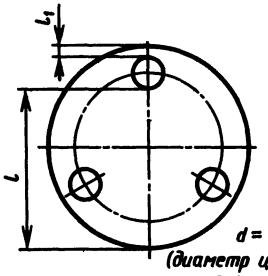


Рис. 676

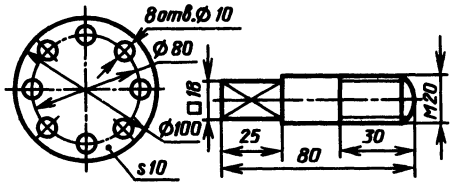


Рис. 677

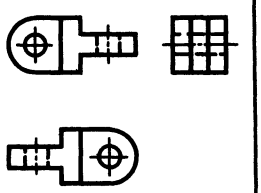


Рис. 678

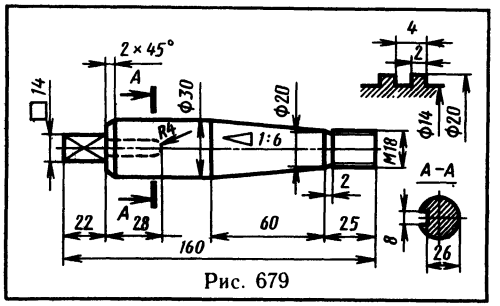


Рис. 679

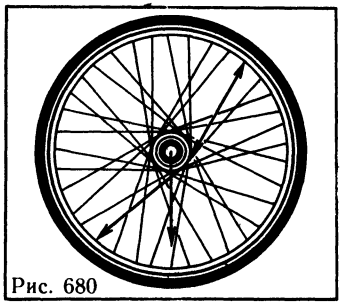


Рис. 680

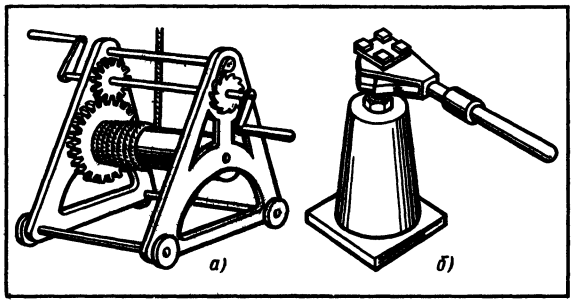


Рис. 681

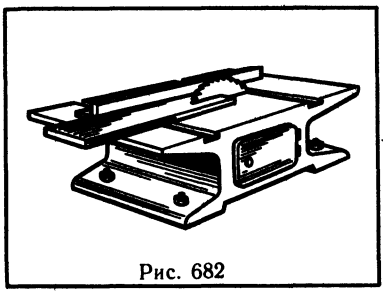


Рис. 682

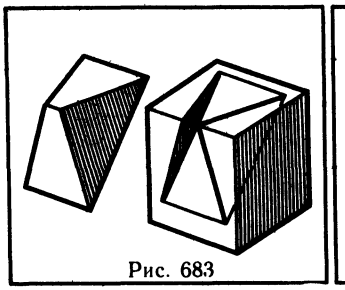


Рис. 683

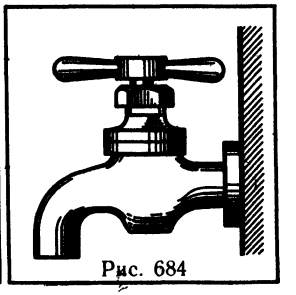


Рис. 684

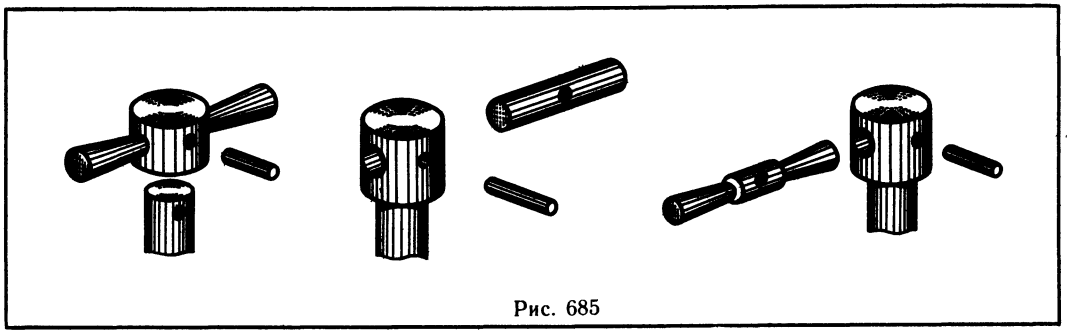


Рис. 685

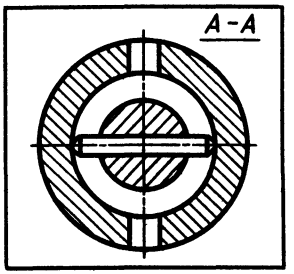


Рис. 686

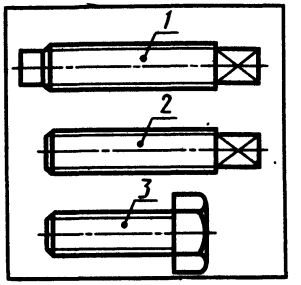


Рис. 687

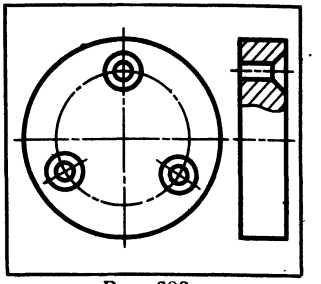


Рис. 688

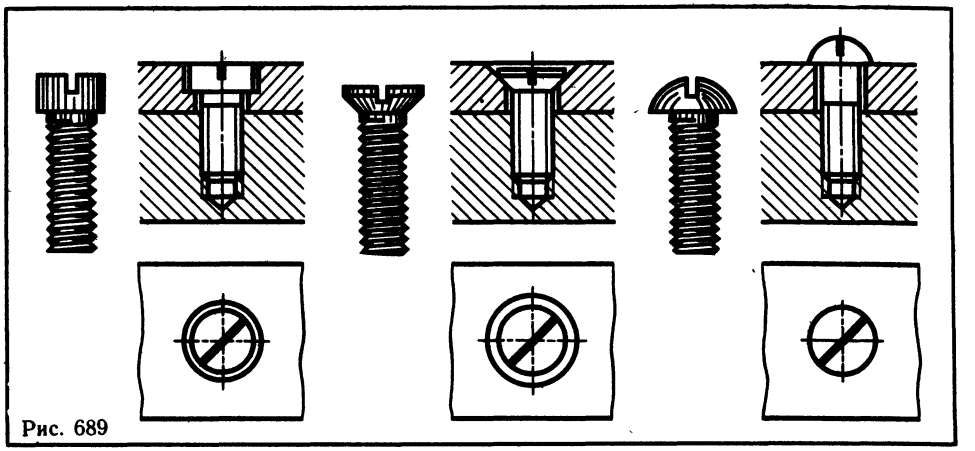


Рис. 689

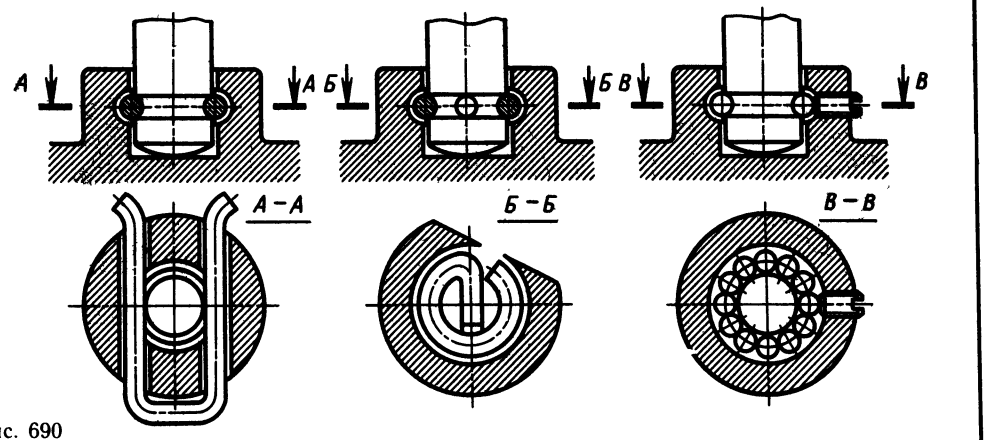
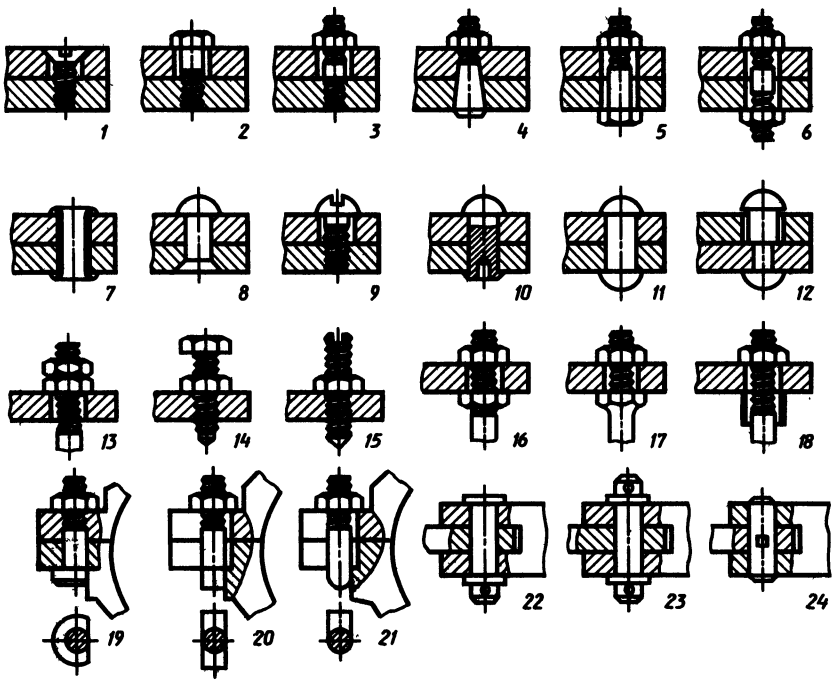


Рис. 690



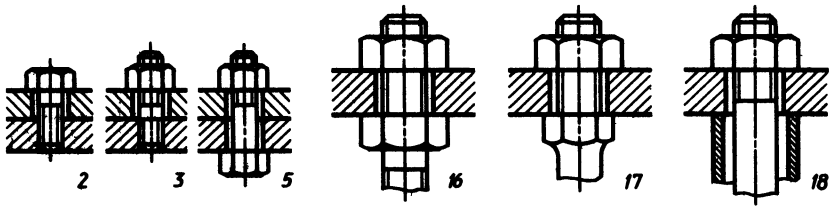


Рис. 691

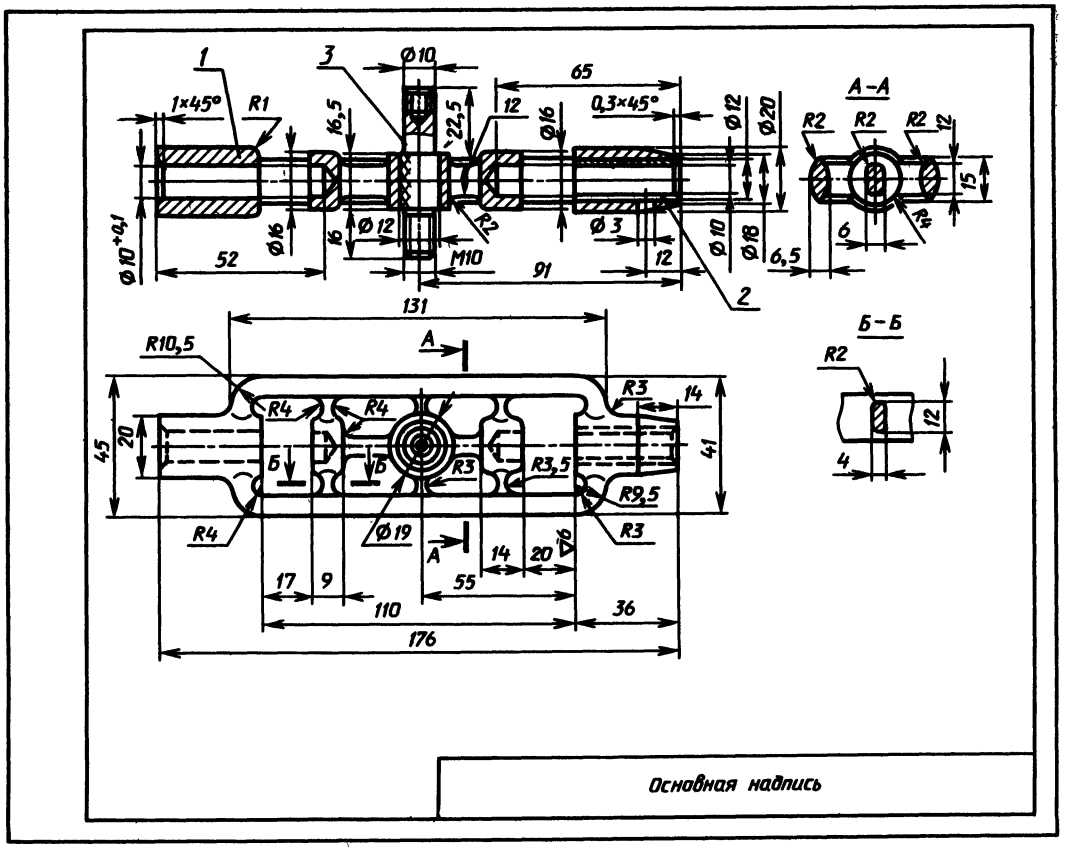


Рис. 692

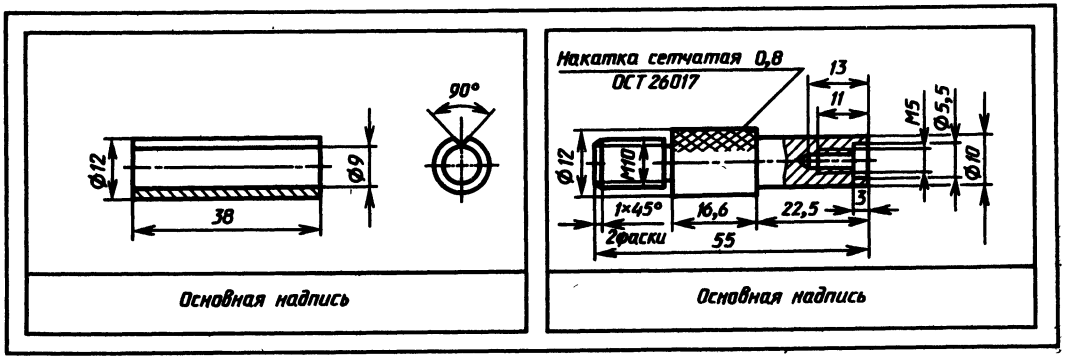


Рис. 693

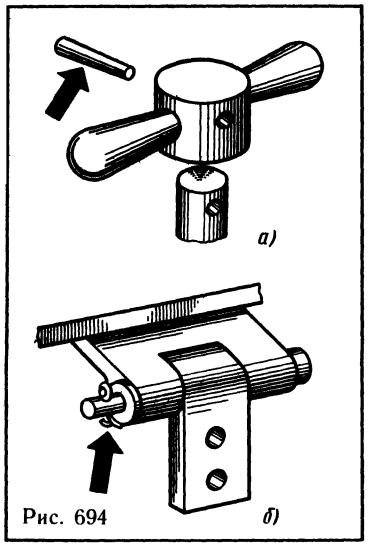


Рис. 694

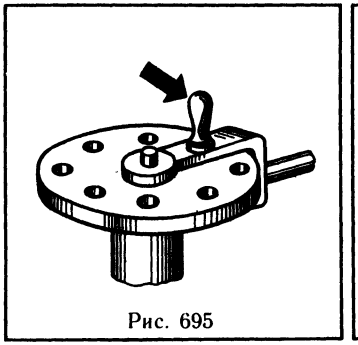


Рис. 695

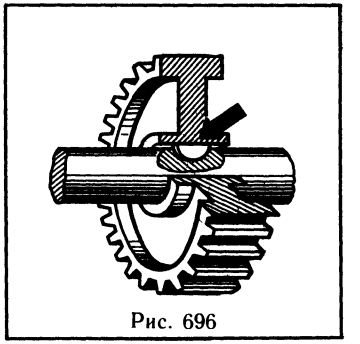


Рис. 696

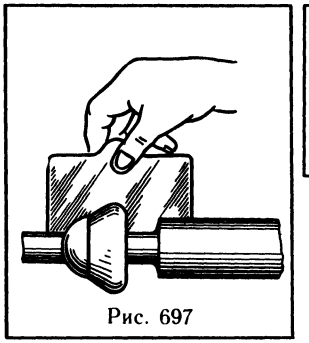


Рис. 697

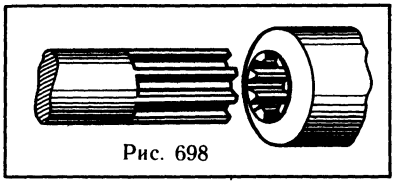


Рис. 698

Содержание

О чем говорится в книге 5
Черным по белому 17
Люди разных профессий о чертеже . . 23
Начало умения 26
Что такое стандарт 29
Композиция чертежа 31
О шрифте 32
Смешные тени и их серьезные родственники 41
Луч определяет проекцию 43
Чертеж и рисунок 46
О практике черчения 52
Оптические иллюзии 54
Конструкторская смекалка 66
Откуда упало яблоко 70
Проекции точки в реальной конструкции . 74
Когда прямая «превращается» в точку . 78
Опыт с дверью 83
Пересекаются ли провода 86
Следы на эпюрах 87
Замечательные кривые 93
Эллипс 94
Парабола 95
Гипербола 97
Циклоида 98
Эвольвента 99
Спираль Архимеда 100
Синусоида 101
Сопряжения 103
Геометрические тела и точки на их поверхности 106
Развертки 112
Развертка шара 114
Свертка и раскладка 117
Симметрия 121
О пре́дметах, имеющих плоские срезы . 124
Загадочные проекции простых тел . . . 130
Логика в черчении 135
Старые знакомые 146
Сечение без отсечения 149
Винтовые линии и резьба 154
Рисуешь глаз — смотри на ухо 159
Семейство колеса 164
Производственный чертеж 170
Сборочный чертеж 176
Занимательная терминология 183
Ответы 186

Учебное издание

Воротников Илья Алексеевич

ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

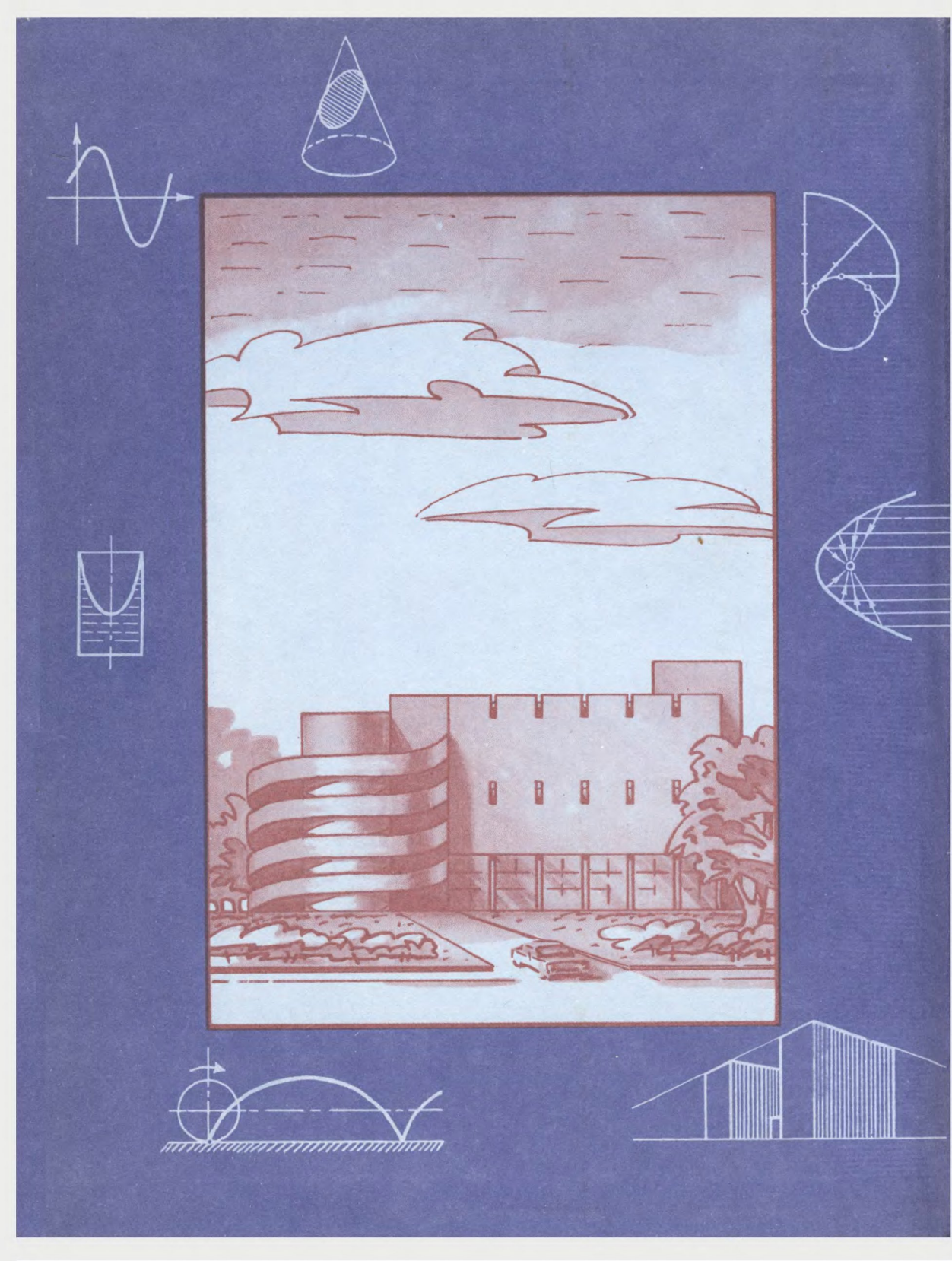
Зав. редакцией Т. С. Дагаева
Редакторы Г. В. Лихачева, Е. С. Забалуева
Младшие редакторы Т. Н. Клюева, О. В. Шугаева
Художественный редактор Ю. В. Булдаков
Технический редактор И. Ю. Щукина
Корректор Л. Г. Новожилова

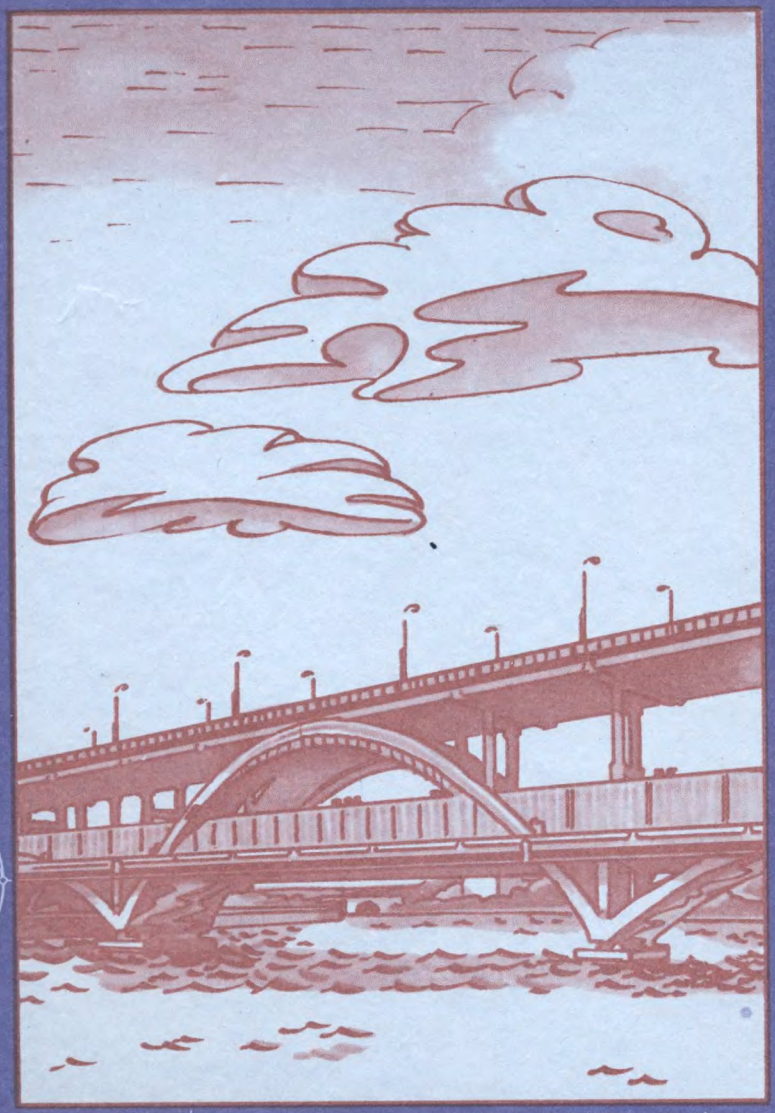
ИБ № 10927

Сдано в набор 29.06.89. Подписано к печати 06.03.90. Формат 70 × 90¹/₁₆ Бум типограф. № 2. Гарнит. литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,38 + 0,29 форз. Усл кр-отт. 17,92. Уч.-изд. л. 14,45 + 0,48 форз. Тираж 300 000 экз. Заказ 2185. Цена 80 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Смоленский полиграфкомбинат Госкомиздата РСФСР. 214020, Смоленск, ул. Смольянинова, 1.





80 к.